

Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel

Antonio Lot
Zenón Cano-Santana
Editores

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

INTRODUCCIÓN



Cacomixtle
Bassariscus astutus

Oreja de burro
Echeveria gibbiflora

El Pedregal de San Ángel de la ciudad de México: reserva ecológica urbana de la Universidad Nacional

Antonio Lot y Pedro Camarena

Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria.

Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Nacional Autónoma de México.

repsa@sid.unam.mx

Introducción

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), se encuentra desde hace 25 años bajo protección por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y, representa el último relicto del ecosistema del pedregal de la cuenca de México, conocido como *Senecionetum praecosis* por ser el matorral xerófilo de *Senecio praecox* la comunidad vegetal más característica y extendida (Rzedowski, 1954); Es una reserva natural de carácter urbano particular por su biodiversidad, geomorfología, de gran valor paisajístico y protegida por una universidad, lo cual garantiza un conocimiento ejemplar a través de las numerosas instituciones dedicadas a la investigación y divulgación científica. Una muestra de ello, son las más de 240 contribuciones del ecosistema del pedregal en terrenos de Ciudad Universitaria, de las cuales, aproximadamente la mitad corresponden a temas de tesis y, el otro tanto a, artículos publicados en revistas científicas y en libros de divulgación (C. García-Jiménez, com. pers., Castillo-Argüero *et al.*, 2007). Entre las compilaciones y obras sintéticas sobre la historia natural y contribuciones sobre la naturaleza del Pedregal de San Ángel, son notables como referentes del paisaje, los libros de Rojo (1994), Carrillo (1995), Rojo y Rodríguez (2002) y las excelentes ediciones de la UNAM sobre el registro histórico-fotográfico de Salas Portugal (2000 y 2006) y, de Montemayor *et al.* (2005). Sin embargo, a pesar de la información que tenemos de la REPSA, basado en una producción importante de publicaciones, su conocimiento es insuficiente y, el reto de conservar tan valioso patrimonio, es complejo, por tratarse de un

ecosistema fragmentado que ocupa 237 ha y representa el 33% del *campus* universitario con la presión del crecimiento urbano de la segunda ciudad más poblada del mundo.

El paisaje de “malpaís”, inspiró a grandes artistas del siglo XX, como Diego Rivera, Gerardo Murillo “Dr. Atl”, Carlos Pellicer y Armando Salas Portugal, entre otros, quienes lograron captar no sólo la compleja belleza escénica del sitio, sino la importancia natural de este ecosistema inmerso y a las orillas de una creciente ciudad. Es muy probable que quienes expresaran de múltiples maneras este enigmático paisaje, lograran percibir la gran cantidad de interacciones y evolución natural que dio lugar un episodio geológico tan reciente como la erupción del volcán Xitle.

El presente trabajo, es un ensayo que busca explorar algunas ideas y reflexiones acerca del significado que tiene el ecosistema del pedregal a la discusión del concepto de reserva urbana, como un modelo a partir de la conservación de fragmentos de un “archipiélago” de basalto de la ciudad de México.

El conocimiento adquirido

En la actualidad, el conocimiento, uso y conservación de nuestra riqueza natural cobra mayor relevancia debido al deterioro tan acelerado que experimenta la expansión y contacto de las urbes sobre las áreas rurales y/o naturales. La ciudad de México es un ejemplo contundente de múltiples errores en la concepción urbana,

sin embargo, es también la cuna de grandes aciertos urbano-arquitectónicos y paisajísticos, y la Ciudad Universitaria da cuenta de ello. En este modelo de “ciudad del conocimiento” de 721.7 ha y de cerca de 200 mil habitantes, existe una reserva natural y espacios abiertos que ofrecen a quien la habita un promedio de 11.85 metros cuadrados de área verde silvestre. En esta reserva no sólo se protege el ecosistema sino que se acerca a la comunidad universitaria brindándole la oportunidad de observarla, estudiarla y recorrerla. La REPSA de Ciudad Universitaria es una oportunidad para comprender un extraordinario paisaje cultural de nuestro tiempo (Lot, 2007a).

Una manera de entender y cuidar la naturaleza es aprovechándola razonablemente. El adecuado uso de las especies vegetales de un ecosistema no sólo forma parte de un buen manejo del área natural, sino que ayuda *per se* a conservarla, y de alguna manera a extender sus límites, ampliando las interfases o zonas de amortiguamiento, es decir, haciendo un uso racional del ecosistema sin destruirlo. La selección y utilización de las especies de plantas propias de un ecosistema relicto para el diseño de paisaje, puede ser una alternativa eficaz para el manejo de las áreas verdes urbanas y de esta forma asegurar la permanencia del ecosistema reduciendo los impactos que genera la “urbanidad”.

Exposición de motivos

La velocidad de crecimiento urbano y de expansión horizontal en una megaciudad como la capital de México, condena irremediamente a la extinción los posibles relictos de ecosistemas y aún ciertas áreas naturales protegidas (ANP) en las zonas colindantes. México es considerado como uno de los cinco países con mayor biodiversidad del planeta y cuenta con 161 ANP con una superficie de 22.7 millones de hectáreas bajo algún tipo de protección. Sin embargo, resulta crítico el bajo número (17) y el grado de deterioro de las ANP para la ciudad de México. El ecosistema del Pedregal de San Ángel al sur de la ciudad de México, es considerado como una de las áreas protegidas de mayor riqueza florística de toda la cuenca de México. La UNAM tiene a su cargo tres reservas ecológicas: Los Tuxtlas, Veracruz (selva alta húmeda), Chamela, Jalisco (selva baja seca) y Pedregal de San Ángel (matorral xerófilo) estando las dos primeras dentro de las Reservas de la Biosfera del MAB.

En este ensayo, se presenta (Tabla 1) un primer análisis comparativo del índice de biodiversidad local y regional, que nos refiere con la mayor riqueza específica de elementos de la flora vascular, al Pedregal con un valor de 1.44 especies/ha (Castillo-Argüero *et al.*, 2007; Cano-Santana *et al.*, 2008), con relación a Los Tuxtlas, que pre-

Reserva	Núm. especies de plantas vasculares	Superficie (ha)	Núm. especies/ha
Chamela	1149	3300	0.35
Los Tuxtlas	943	750	1.26
Pedregal	340	237	1.44

Tabla 1. Riqueza específica y densidad de especies de plantas vasculares de las tres áreas protegidas por la UNAM.

Las cualidades y el estado de conservación de este relicto de tan solo 237.3 ha nos hace pensar que es posible la protección y manejo de ecosistemas aún en las condiciones extremas que se dan en una ciudad densamente poblada y en constante expansión.

senta 1.26 especies/ha (Ibarra-Manriquez y Sinaca, 1997) y a Chamela con 0.35 especies/ha (Lott, 2002). Es preciso advertir que dicha comparación y, su entendimiento cabal en el conjunto de floras, requiere mayor documentación antes de pretender arribar a conclusiones, pero sin duda, nos señala la riqueza vegetal del matorral xerófilo. Su significado en el porcentaje de elementos nativos con relación al aumento creciente de especies por efecto antropogénico, no está suficientemente explicado (J. Rzedowski, com. pers.) (ver Castillo-Argüero, en este volumen).

Existen pocas zonas en el mundo, como el ecosistema del Pedregal, incrustadas en una megaurbe y, que además representen un laboratorio natural excepcional para el estudio de los procesos sucesionales y evolutivos de las comunidades presentes sobre una isla de lava. Por otro lado, los servicios ambientales que aporta la reserva natural hacia la ciudad no han sido documentados ni evaluados cuantitativamente (Soberón *et al.*, 1991).

Preguntas y propuestas

El reto y pregunta central gira alrededor de si ¿es posible la conservación de la biodiversidad de un ecosistema fragmentado en una zona densamente poblada?

Independientemente de que se continúen estimulando y apoyando estudios sobre la biodiversidad, estructura y funcionamiento del ecosistema, es urgente establecer un programa sistemático de investigación que valore y documente los servicios ecosistémicos o ambientales que ofrecen los fragmentos de pedregal sobrevivientes en la ciudad de México. Este programa debe involucrar no sólo a instituciones de investigación y educación ambiental, sino a entidades del gobierno dedicadas al ordenamiento ecológico y urbano de la ciudad de México. Aunado a este programa será indispensable definir el tipo de Área Natural Protegida que pueda establecerse para la REPSA y que garantice su conservación a largo plazo en el marco de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. En este sentido y basado en las características y atributos de la Reserva Ecológica del Pedregal en cuanto a su biodiversidad, geomorfología y paisaje natural, se encuentra en proceso de análisis, la propuesta para que sea considerada dentro de la categoría de Monumento Natural del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas de México (SINAP).

Otras propuestas encaminadas a consolidar la protección de la Reserva del Pedregal a 25 años de su creación son las siguientes:

- a) elaborar un plan de manejo que considere el efecto del crecimiento urbano en armonía con el rescate integral de fragmentos de pedregal que existen alrededor de la REPSA en un área de 80 km²;
- b) proteger los numerosos fragmentos de pedregal sobrevivientes en un sistema de corredores biológicos;
- c) enriquecer con nuevos elementos la discusión concep-

- tual de reserva ecológica urbana y considerar a la REPSA como estudio de caso y modelo de conservación de un ecosistema relicto dentro de una megaciudad;
- d) valorar la magnitud de los servicios ambientales que la REPSA y el resto de los fragmentos del pedregal, ofrecen a la calidad de vida de los habitantes de la ciudad, y
- e) formular elementos alternativos de manejo de reserva urbana en la conservación de áreas verdes y relictos de reservas naturales.

Justificación

Se fundamenta en las acciones y experiencias realizadas en cuanto al plan de manejo (Rojo, 1994) y en el análisis de la literatura sobre el conocimiento y conservación del pedregal de San Ángel, como ecosistema protegido por la Universidad Nacional de México. Recientemente se han publicado una serie de obras que sintetizan, actualizan y complementan la información que se tenía sobre la riqueza biológica de la REPSA: el manual sobre la flora de Castillo-Argüero, *et al.* (2007); el trabajo de Téllez *et al.* (2007) sobre las orquídeas terrestres y la guía ilustrada de La Cantera Oriente (Zona de Amortiguamiento) de Lot (2007b). Al momento de escribir este ensayo, apareció publicado un artículo acerca del valor de conservación de las áreas incorporadas a partir del año 2005, que resulta una lectura fundamental y que enriquece con nuevos datos el presente trabajo (Cano-Santana *et al.*, 2008).

El grado de conocimiento y de conservación por parte de la UNAM, del ecosistema del Pedregal, lo constituye como un laboratorio natural y, marco de referencia, a partir del cual se pueden ensayar numerosas acciones de divulgación y educación ambiental que podrían instrumentarse en un programa coordinado con el Gobierno del Distrito Federal (GDF), a través de las delegaciones donde existen fragmentos del Pedregal de San Ángel y áreas verdes altamente modificadas, factibles de ser recuperadas y rehabilitadas ecológicamente.

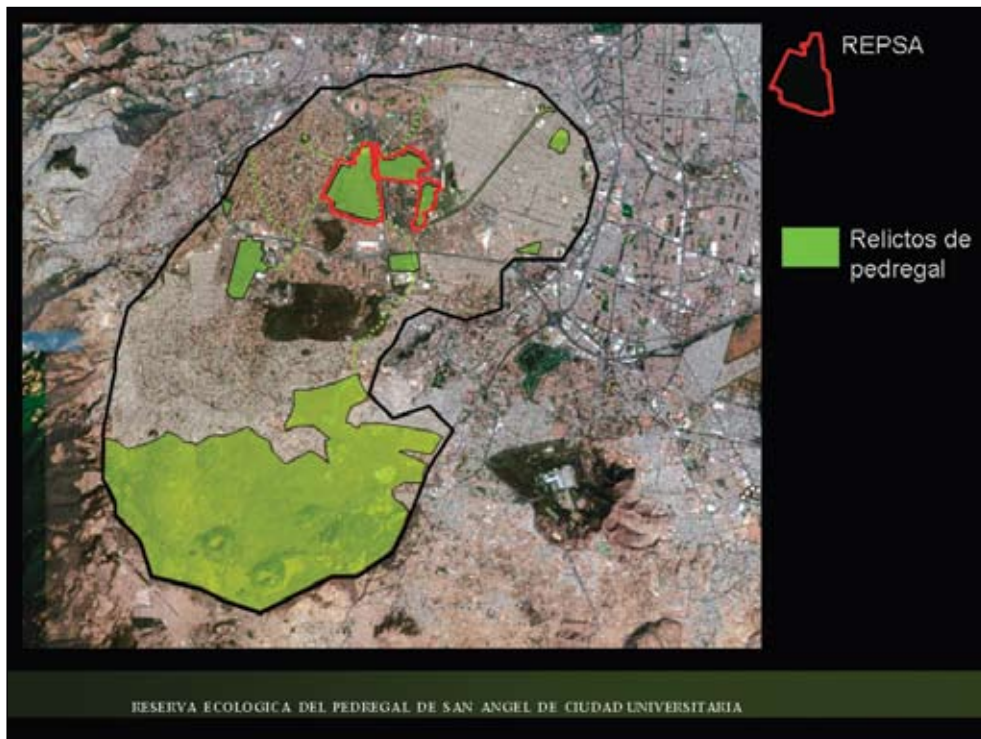
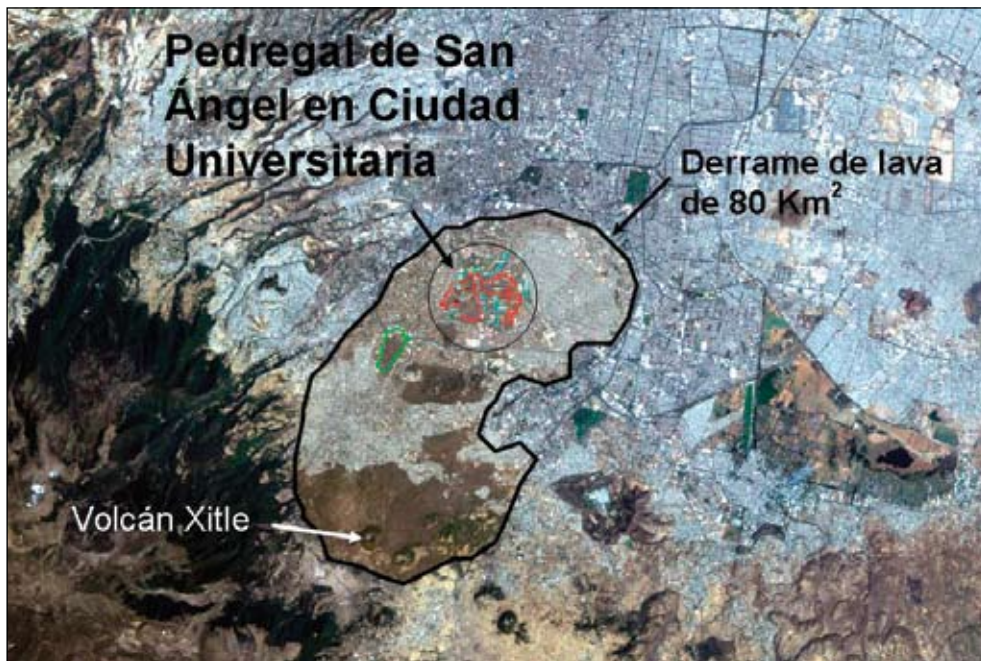


FIG. 1. Imagen aérea del derrame de lava del volcán Xitle, donde se señalan los relictos del ecosistema natural del Pedregal de San Ángel en el sur de la ciudad de México.

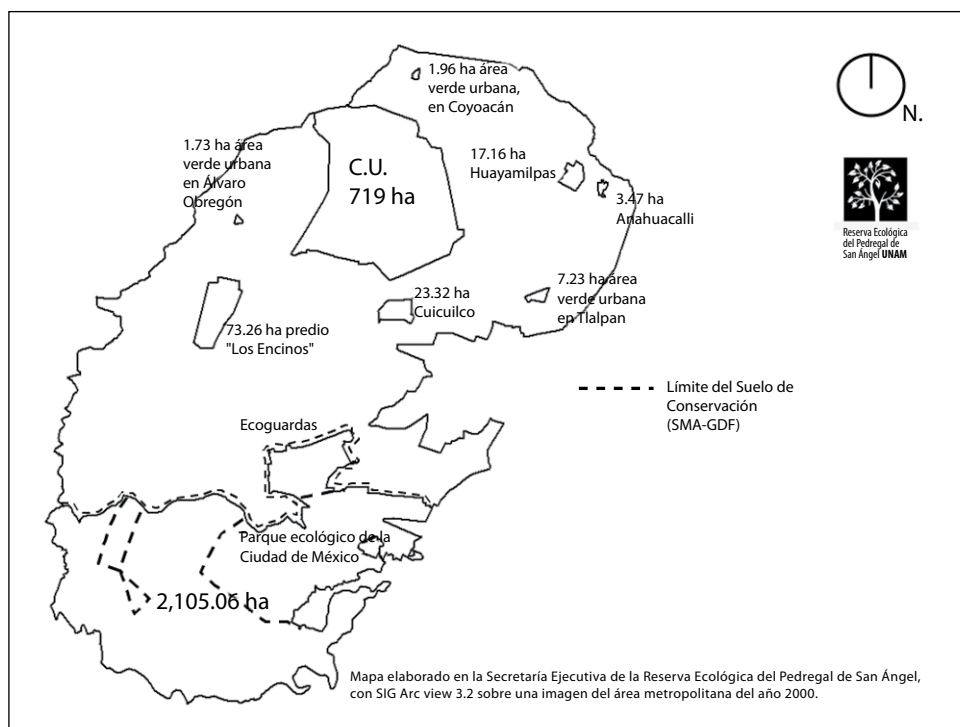


FIG. 2. Mapa mostrando las superficies aproximadas de los fragmentos de pedregal en la ciudad de México.

Conservación de relictos de pedregal

Al menos dos de los estudios publicados, constituyen el antecedente más significativo que da sustento al presente apartado: el capítulo *Ecología, conservación, restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del pedregal del Xitle* (Cano-Santana *et al.*, 2006) y el artículo sobre la sucesión primaria en derrames volcánicos (Cano-Santana y Meave, 1996).

La disminución del área de pedregales en el sur de la ciudad ha generado una pérdida de las zonas de recarga que seguramente afectan las reservas de los mantos freáticos. En la delegación de Álvaro Obregón esta pérdida se ha dado casi por completo y quedan algunos relictos muy perturbados en las áreas de camellones, parques y lotes baldíos del fraccionamiento Jardines del Pedregal. En la demarcación Coyoacán, permanece en buen estado lo que se conserva en las instalaciones de Ciudad Universitaria (237ha) y, se pueden observar algunos fragmentos dispersos de menor tamaño ó poco representativos, así como algunos remanentes interesantes en el parque Huayamilpas, de 17.1ha. y en el Museo Anahuacalli de Diego Rivera, de 3.47 ha. La de-

marcación de Tlalpan es la que más área de pedregales conserva, debido a que se encuentra en buena parte del suelo de conservación en donde se ubican no sólo el derrame de lava del Xitle, sino otros conos volcánicos importantes y, a que es la delegación más grande en extensión territorial. Cuenta con el área natural protegida (ANP) Parque Ecológico de la Ciudad de México, que se ubica por debajo de la cota 2600 msnm., con 726 ha, en dos polígonos separados entre sí, y se encuentra bajo protección del GDF desde 1989. Otro predio importante es el conocido como Predio Los Encinos sobre el periférico a un lado de Televisión Azteca, también dentro de la demarcación de Tlalpan y mide 73 ha (Cano-Santana *et al.*, 2006). El Parque Ecoarqueológico de Cuicuilco con un área de 23.3 ha, es otro predio que conserva y da un manejo especial al pedregal donde se asienta. En suma, todos estos predios conforman un "archipiélago" de las áreas que conservan parte de lo que fuera el paisaje del pedregal del antiguo derrame de 80km² (8000 ha) y que aportaban un volumen de agua importante para la recarga del acuífero (Fig. 1). En el mapa (Fig. 2) se delimitan los principales polígonos que contienen fragmentos visibles del Pedregal, los cuales (considerando el área que se ubica dentro de los límites del Suelo de Conser-

vación) suman 2,949.18 ha, lo que representa aproximadamente el 36% de la superficie total con afloramientos conservados del Pedregal de San Ángel.

Ciudad sustentable y el recurso agua: otras reflexiones

Hoy en día la demanda por espacios verdes de calidad aumenta en todas las ciudades medias, consideradas de menos de 500,000 habitantes (Baigorri, 2001). La ONU y otras normas internacionales proponen de 9 a 16m² de área verde mínima por habitante. En su dimensión correcta, este señalamiento se ubicaría como estrategia altamente urgente en el caso de las megaciudades.

El agua, que es el elemento vital para el mantenimiento de áreas verdes, se hace más escasa con el correr de los años. El aumento de población mundial y el incremento de habitantes urbanos exigen mayores caudales para el consumo de los habitantes de las ciudades e imponen, bajo situaciones de sequía prolongada, restricciones de las aguas para el riego de la agricultura y las áreas verdes (De la Hoz, 2007). Con la poca disponibilidad de agua para el riego de estos espacios es necesario reconsiderar una adecuada selección de vegetación que permita el establecimiento en condiciones de sequía y que requieran bajo mantenimiento.

Resulta de vital importancia saber cuantas y cuales especies vegetales usar en el diseño de los espacios exteriores. En un entorno natural de poco suelo y con baja capacidad de retención de agua, así como una alta exposición al sol y a vientos, las plantas que se adaptaron al Pedregal de San Ángel, resultan idóneas para ser utilizadas en la reforestación urbana y en el diseño de paisaje de escenarios como los pedregales del sur del D.F., ya que han logrado sobrevivir en esas condiciones durante muchos años y esto, además de garantizar su permanencia, ahorra importantes cantidades de recursos y agua para su establecimiento y manejo. Por otra parte la conformación de masas de vegetación silvestre actúan como interfases o áreas de amortiguamiento que protegen las zonas núcleo o mejor conservadas y que brindan hábitat para los organismos que de ellas dependen.

Algunos ejemplos de utilización de estas especies han demostrado ser muy exitosos ya que se han utilizado especies de poco mantenimiento y bajo consumo de agua, además aportan diversidad y calidad estética en la jardinería urbana. La naturaleza de este paisaje agreste, pero de peculiar belleza, nos estimula a desarrollar con imaginación un nuevo rediseño de paisaje o "xerojardinería" para la Ciudad Universitaria y sus alrededores, basado en el conocimiento de la flora del Pedregal de San Ángel.

Literatura citada

- BAIGORRI, A. 2001. Hacia la urbe global, Badajoz, mesópolis transfronteriza. Editorial Regional de Extremadura, España, 437 p.
- CANO-SANTANA, Z. Y J. MEAVE. 1996. Sucesión primaria en derrames volcánicos: el caso del Xitle. *Ciencias* **41**: 58-68.
- CANO-SANTANA, Z., I. PISANTY, S. SEGURA, P. MENDOZA-HERNÁNDEZ, R. LEÓN-RICO, JORGE SOBERÓN, E. TOVAR, E. MARTÍNEZ-ROMERO, L. RUIZ Y A. MARTÍNEZ-BALLESTÉ. 2006. Ecología, conservación, restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del Pedregal del Xitle. Pp. 203-226, en Oyama, K. y A. castillo (Coord.) Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México. Siglo XXI editores. México.
- CANO-SANTANA, Z., S. CASTILLO-ARGÜERO, Y. MARTÍNEZ-OREA Y S. JUÁREZ-OROZCO. 2008. Análisis de la riqueza vegetal y el valor de conservación de tres áreas incorporadas a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal (México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **82**: 1-14.
- CARRILLO, C. 1995. El Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 177 p.
- CASTILLO-ARGÜERO, S., MARTÍNEZ, Y., ROMERO, M., GUADARRAMA, P., NÚÑEZ, O., SÁNCHEZ, I. Y MEAVE, J. (2007). La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: aspectos florísticos y ecológicos. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 294 p.
- DE LA HOZ, J. A. 2007. Jardinería mediterránea. *MA medioambiente* **56**: 30-33.

- IBARRA-MANRIQUEZ, G. Y S. SINACA 1997. Fanerógamas. Pp. 162-174, En: E. González, R. Dirzo y R. Vogt (eds.) Historia Natural de Los Tuxtles. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- LOT, A. 2007a. Mirar para entender el paisaje del Pedregal. Gaceta UNAM. Sección Voces Académicas. Núm. 3 982: 9.
- LOT, A. (coord.) 2007b. Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 253 p.
- LOTT, E. 2002. Lista anotada de las plantas vasculares de Chamela-Cuixmala. Pp. 99-136. En: Noguera, F., J. Vega, A. García y M. Quesada (eds.) Historia Natural de Chamela. Universidad Nacional Autónoma de México.
- MONTEMAYOR, C., O. PERALTA Y C. TOSTADO 2005. Armando Salas Portugal. Lunwerg Editores. Barcelona, España. 212 p.
- ROJO, A. (comp.) 1994. Reserva Ecológica "El pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 410 p.
- ROJO, A. Y J. RODRÍGUEZ, 2002. La flora del Pedregal de San Ángel. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México, 95 p.
- RZEDOWSKI, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 8(1-2): 59-129.
- SALAS PORTUGAL, A. 2000. El Pedregal de San Ángel, exposición fotográfica. Universidad Nacional Autónoma de México. 29 p.
- SALAS PORTUGAL, A. 2006. Morada de lava, las colecciones fotográficas del Pedregal de San Ángel y la Ciudad Universitaria. Universidad Nacional Autónoma de México.
- SOBERÓN, J., CRUZ, M. Y JIMÉNEZ, G. (1991). Ecología hipotética de la reserva del Pedregal de San Ángel. *Ciencia y Desarrollo* 99: 25-38.
- TELLEZ, A., L. FLORES Y E. ESPARZA 2007. Orquídeas terrestres del Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México. 74 p.

Los límites y la cartografía

Armando Peralta Higuera y Jorge Prado Molina

Instituto de Geografía,
Universidad Nacional Autónoma de México
aperalta@igg.unam.mx

La primera invasión: un evento extraordinario

En 1983 se creó la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel en Ciudad Universitaria (REPSA) a iniciativa de un grupo de investigadores (Álvarez *et al.*, 1982), con el fin de proteger los últimos vestigios de un ecosistema único en el mundo, de gran riqueza biológica y que se encuentra al borde de la extinción. Éste se caracteriza por una comunidad de matorral xerófilo a la que Rzedowski (1954) llamó *Senecionetum praecosis*, debido a la abundancia del “palo loco” (*Senecio praecox*), que da al paisaje de la zona un aspecto muy peculiar. El *Senecionetum* se desarrolló sobre el conjunto de formaciones basálticas que hoy conocemos como el Pedregal de San Ángel, y que se originaron por la solidificación de los flujos de lava que derramó la erupción del volcán Xitle hace aproximadamente 1,670 años (Siebe, 2000). La lava cubrió el poblado de Copilco y el centro urbano y ceremonial de Cuicuilco, que a la sazón era asiento de una de las culturas más desarrolladas del período formativo tardío mesoamericano, obligando a sus habitantes a desplazarse hacia otros rumbos del Altiplano. Los derrames cubrieron una superficie de unos 70 km² al suroeste del Valle de México, sobre parte de las delegaciones Magdalena-Contreras, Álvaro Obregón, Tlalpan y Coyoacán, en el Distrito Federal. El evento provocó la desaparición de las comunidades vegetales y los terrenos agrícolas, la evacuación o aniquilación de las poblaciones animales, una modificación permanente de los suelos y alteró el ambiente lacustre. La lava solidificada conformó una capa de basalto de espesor

variable, cuya superficie muestra las formas caprichosas creadas por el avance del fluido y cubre los laberintos formados por innumerables tubos de lava, dando lugar a un territorio accidentado, con características radicalmente distintas a las del entorno. Aún cuando no ocurrió un aislamiento geográfico en sentido estricto, la desaparición total de la flora y la fauna, junto con el establecimiento de condiciones muy diferentes a las del entorno, confirieron a la zona algunos de los rasgos característicos de una isla, en la que se originó un proceso de sucesión primaria. El paisaje rocoso fue gradualmente modificado por los efectos del intemperismo, los derrumbes, la acumulación de sedimentos, la formación de suelos y su colonización por poblaciones de plantas y animales provenientes de los alrededores. Los derrames descienden desde una altura de 3,000 metros SNMM en la parte media del volcán Ajusco, donde se encuentra el Xitle, hasta los 2,240 metros en la parte lacustre del Valle, por lo que es posible encontrar un intervalo relativamente amplio de condiciones de temperatura, humedad y pendiente, que dieron lugar a distintas comunidades vegetales (Rzedowski, 1954, Cano-Santana y Meave, 1996, Castillo-Argüero *et al.*, 2004).

Entre ellas se encuentra el matorral xerófilo, que se desarrolló en la parte baja de los derrames, entre los 2,240 y 2,500 metros de altura y que ocupaba originalmente una superficie aproximada de 40 km². La asociación más conspicua en este matorral era la dominada por *Senecio praecox*, que fue descrita por Rzedowski en 1954 cuando caracterizó la flora del Pedregal. A mayores altitudes, el

matorral cambiaba gradualmente su composición y se entremezclaba con otras comunidades, como lo ejemplifica la presencia actual de algunas de ellas dominadas por *Agave salmiana*, encino y tepozán, en la Reserva Ecológica Lomas del Seminario. Desafortunadamente ya no es posible conocer toda la diversidad biológica, ni el tipo y distribución espacial de las asociaciones vegetales que se desarrollaron en el matorral xerófilo, puesto que la mayor parte ha desaparecido irremediamente (figura 1).

La segunda invasión: un ecosistema único

El *Senecionetum* debe su carácter único a la gran heterogeneidad geomorfológica del terreno, que se expresa en forma de masas rocosas, cortes abruptos, grietas, cavernas, planicies y depresiones rellenas de sedimentos. El microrrelieve que resulta de esta configuración, ha dado lugar a una gran variedad de ambientes locales, con diversas condiciones de suelo, humedad, temperatura, exposición al viento y al sol. En ellos, se ha desarrollado un mosaico de hábitats y asociaciones de especies que pueden variar significativamente a lo largo de unos cuantos metros, formando unidades relativamente pequeñas. Es decir, que detrás de una descripción genérica, en realidad el matorral de palo loco está formado por numerosos parches, con grandes variaciones en composición florística y estructura (Cano-Santana, 1994 citado en Castillo-Argüero *et al.*, 2004).

Otra característica relevante del Pedregal, es la coexistencia de especies que ordinariamente se encuentran en condiciones climáticas o altitudinales distintas, dando lugar a asociaciones inusuales y a una diversidad significativamente mayor que la de la otros matorrales xerófilos de México (Castillo-Argüero *et al.* 2004). Aún cuando el clima de la zona es templado, el régimen de precipitación y la altitud favorecen la presencia de otros tipos de vegetación; varias especies de matorral xerófilo se establecieron de modo dominante, debido a la limitada capacidad de retención de humedad de los suelos someros y del sustrato rocoso, que en la temporada seca produce condiciones análogas a las de zonas áridas o semiáridas. Esto, junto con la ya mencionada heterogeneidad del terreno, da lugar a este ecosistema definido como ma-

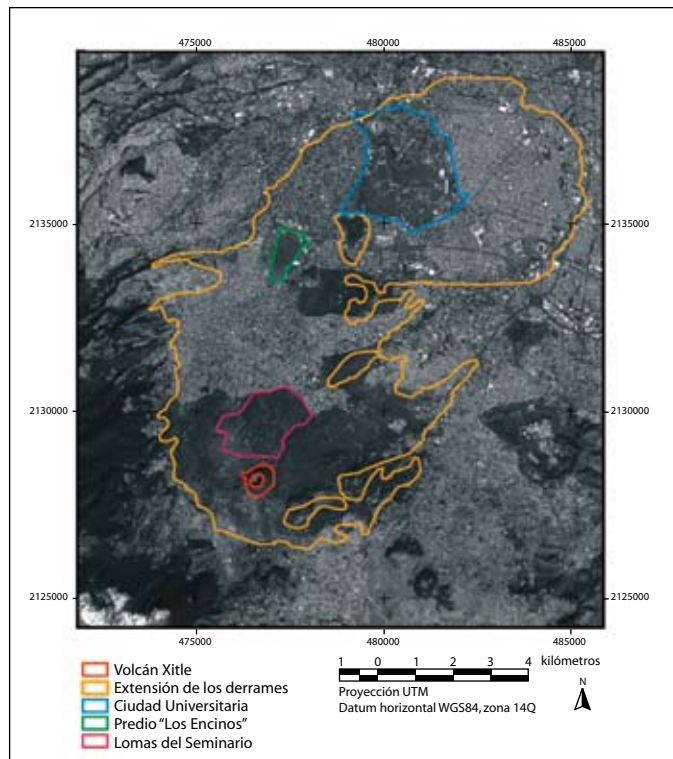


Figura 1. Extensión aproximada de los derrames del volcán Xitle y ubicación de los remanentes del Pedregal que conservan sus ecosistemas característicos.

torral xerófilo, pero en el que la mayoría de las especies son características de condiciones de temperatura, humedad y altitud sorprendentemente diversas.

La tercera invasión: el desarrollo

Hasta mediados del siglo XX el Pedregal de San Ángel era considerado un territorio inaccesible, inhóspito e inadecuado para cualquier uso humano, que numerosas referencias y mapas describen de modo despectivo como malpaís, por lo que se mantuvo despoblado y relativamente inalterado. Sin embargo, los criterios de desarrollo dominantes a partir de la década de 1950, acompañados de un desconocimiento abrumador sobre su importancia ecológica y ambiental, impulsaron una "conquista" de este territorio como alternativa para la expansión de la Ciudad de México, que fue encabezada por la construcción del fraccionamiento Jardines del Pedregal, el anillo periférico y la misma Ciudad Universitaria (CU). Esta incompreensión se manifestó también en otras decisiones, como la de realizar una

extracción ilimitada de piedra para la construcción en la Ciudad de México y la elección del sitio para ubicar la Planta de Asfalto que abastece al Distrito Federal, que es una instalación altamente contaminante. El proceso fue impulsado principalmente a través de iniciativas institucionales, que mas adelante tendrían como efecto colateral, la proliferación de invasiones y asentamientos irregulares, resultado de la feroz competencia por los recursos territoriales. Durante el último tercio del siglo XX, no obstante las dificultades técnicas que plantea la construcción sobre un terreno rocoso, irregular y con abundantes cavidades subterráneas, prácticamente toda la parte baja de los derrames fue ocupada por nuevas colonias y vialidades. Esto eliminó casi totalmente y de manera irreversible al ecosistema del *Senecionetum*, y provocó también la pérdida de importantes bienes culturales arqueológicos, algunos de los cuales fueron utilizados como material de construcción, a pesar de su buen estado de conservación y evidente valor. Paradójicamente, el paisaje creado por un evento natural catastrófico, fue a su vez destruido en un tiempo muy corto por otro proceso -éste de origen social- que también se perfila como catastrófico y de mayores consecuencias. Los últimos remanentes del matorral que aún tienen una extensión relevante para su conservación, se encuentran en tres sitios principales: en parte de la Reserva Ecológica Lomas del Seminario, ubicada en las faldas del volcán Ajusco, donde comparte 7.28 km² con otras asociaciones vegetales; en el predio particular "Los Encinos" colindante con el Periférico (0.71 km²) y en la parte sur de la Ciudad Universitaria, que no ha sido ocupada por instalaciones y que se encuentra protegida desde 1983 (1.71 km²). Fuera de estas zonas, sólo existen fragmentos aislados en la zona arqueológica de Cuicuilco, en partes del Bosque de Tlalpan, así como en predios aislados en las colonias que se ubican en las faldas del Ajusco y en el fraccionamiento Jardines del Pedregal, en los que pueden encontrarse ejemplares de la vegetación original.

Creación de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel en Ciudad Universitaria

En 1982 un grupo de investigadores universitarios planteó la necesidad urgente de conservar los remanentes del matorral y aportó tanto la información

científica como los argumentos necesarios para sustentar la creación de una reserva ecológica (Álvarez *et al.*, 1982). Como resultado de esta iniciativa, en 1983 la Universidad Nacional Autónoma de México declaró "zona ecológica inafectable" a una superficie de 124.5 ha, que protegía dos grandes fragmentos que se encontraban en su ámbito de decisión y cuya extensión refleja la importancia que se concedió a la conservación del ecosistema (Rivero-Serrano, 1983). La cláusula Segunda del acuerdo dice a la letra: "*En dicha zona por su importancia natural se desarrollará la preservación y la reintroducción de la flora y la fauna, que por sus características le son exclusivas, para que únicamente sea utilizada en actividades académicas y de investigación, funciones esenciales de la Universidad, además de contribuir al mejoramiento del medio ambiente del sur de la Ciudad de México: no pudiendo destinarse a fines distintos.*" Asimismo, determinó la creación de un Comité Asesor, formado por científicos universitarios reconocidos, y colocó en la Coordinación de la Investigación Científica la responsabilidad de aplicar los programas de conservación y reintroducción de especies, con la participación del Instituto de Biología, el entonces Centro de Ecología, la Facultad de Ciencias y la Facultad de Arquitectura.

En la figura 2 se muestran los dos polígonos que se encuentran separados por la Avenida de los Insurgentes, evidenciando la fragmentación del matorral dentro de los terrenos universitarios, pero ambos son relativamente extensos y se mantiene cierta continuidad espacial dentro de ellos, aspectos que son importantes para sostener el funcionamiento del ecosistema. Esta acción dio lugar a un incremento en los estudios sobre la ecología, flora y fauna del Pedregal y al desarrollo de reuniones académicas frecuentes. Sin embargo, la definición de los límites de la nueva reserva tenía algunas deficiencias. En el texto de este primer acuerdo (Rivero-Serrano, 1983), las zonas fueron descritas a partir de la longitud de las colindancias y la superficie de cada una, siguiendo el uso de los documentos legales, en los que se hace referencia a calles y predios adyacentes. En general, el texto de este tipo de descripción no siempre aporta información detallada sobre la forma del predio y debe apoyarse en un plano ó croquis anexo para definirlo con precisión. Sin embargo, es común que no se de importancia a la calidad de esta cartografía auxiliar, ya que se considera que su forma es inequívocamente determinada por los terrenos y vialidades

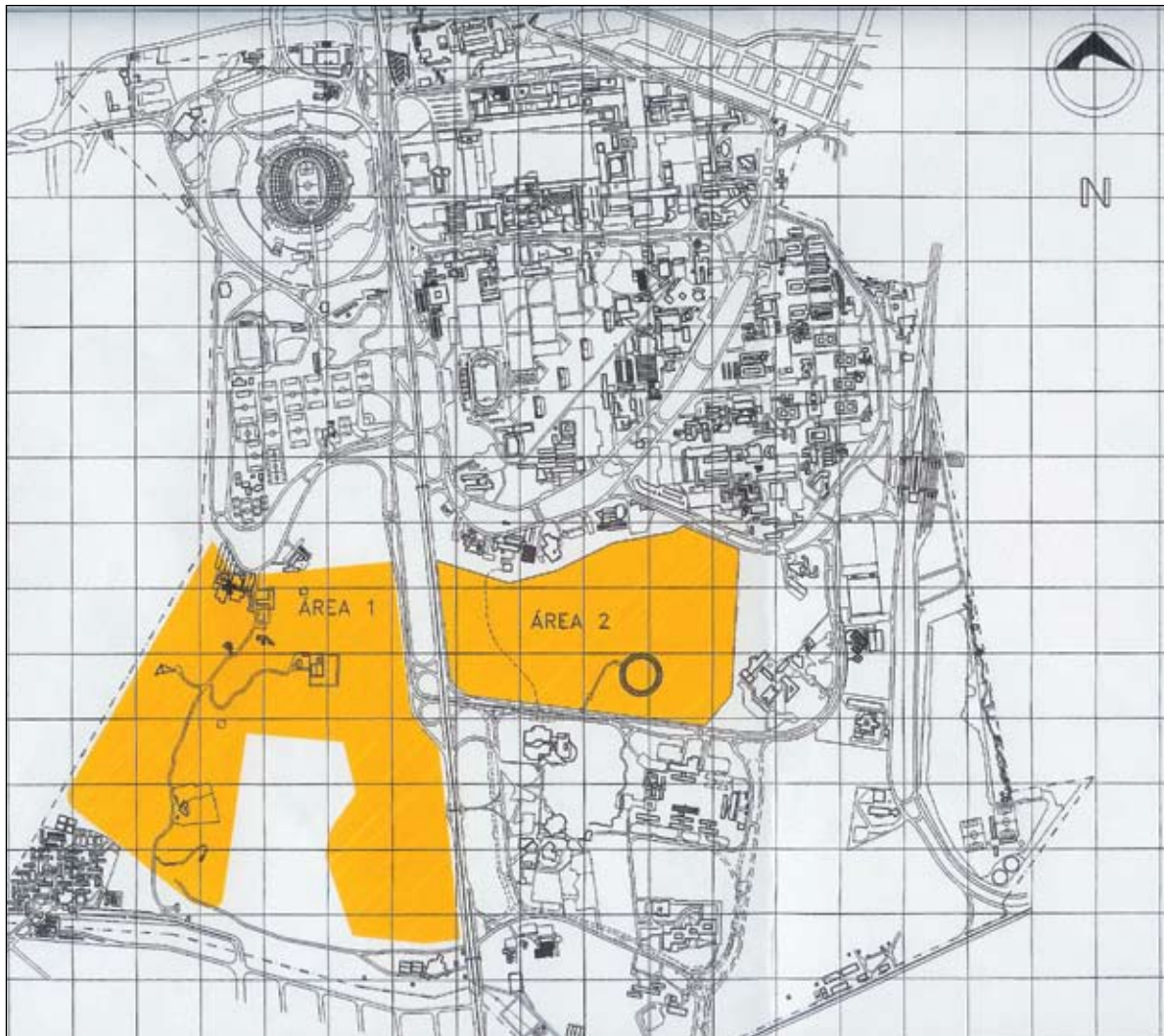


Figura 2. Delimitación de la Reserva del Pedregal de San Ángel, a través del acuerdo de 1983, con una superficie de 124.5 hectáreas. Los dos polígonos se designaron como “zona ecológica inafectable.” (Plano: Dirección General de Obras y Conservación, UNAM).

a su alrededor. Entre las referencias utilizadas en este caso, se encontraban algunos rasgos físicos localizables, como el límite de la Ciudad Universitaria (CU) ó algunos de sus circuitos, lo que no daba lugar a la ambigüedad. Pero también se mencionaban varias colindancias con rasgos aún no existentes, identificados como “vialidades futuras” y “áreas libres de futuro desarrollo”. Para determinar la posición de estos rasgos, era preciso consultar los planes de desarrollo de la CU, que establecen los criterios para el crecimiento de la infraestructura y especifican la construcción de algunas obras, proporcionando descripciones y planos más o menos precisos. Así,

en el caso de las “vialidades futuras”, los límites podían ser determinados con cierta claridad, pero una parte importante del perímetro de la nueva REPSA colindaba con “áreas libres de futuro desarrollo”, que presentaban un problema peculiar. La mayoría de estas áreas se ubicaban en zonas de matorral bien conservado, y originalmente estaban consideradas en los planes como territorio disponible para el crecimiento de las instalaciones, aunque sin un uso específico. Con el acuerdo, una parte de ellas fue incorporada a la Reserva, pero el resto se mantuvo como reserva territorial, de modo que la nueva línea divisoria se ubicaba ahora en algún lugar dentro

del “Área libre de futuro desarrollo” original. En consecuencia, la condición expresada verbalmente de que la Reserva colindara con el “área libre” se cumpliría para cualesquiera que fueran la posición y la forma de la línea divisoria, constituyendo una referencia circular, a menos que se especificara la ubicación exacta de la línea, indicando las coordenadas de los vértices, o bien especificando distancias y ángulos medidos a partir de puntos bien ubicados, cosa que no se menciona en el texto. La única noción clara sobre la ubicación espacial de estas colindancias, se encontraba en un plano de localización que acompañaba al acuerdo, en el que se mostraba el contorno de los dos terrenos, pero no se especificó la fuente de la que se obtuvo ni la escala real del original, que no pudo ser localizado. Al ser ésta la única referencia para ubicar y medir la posición física de los límites, la escala del plano adquiere enorme relevancia, porque determina la precisión con la que esto puede lograrse; en este caso particular, encontramos que la medición de distancias en los ejemplares disponibles del plano, que eran copias de escala muy pequeña, puede tener un error cercano a los diez metros. Aparentemente no se realizaron levantamientos topográficos específicos para ubicar los linderos en el terreno y crear el plano, y tampoco se produjo una memoria técnica. Como resultado, algunos límites de la Reserva parecían estar superpuestos a aquellos que resultarían de la construcción de infraestructura y a la manera en que se interpretarían el acuerdo o el plano de localización. Paradójicamente, el acuerdo daba valor legal a estos límites ambiguos y hacía obligatoria su observancia. En ese momento, esto no representaba un problema relevante debido a que no había conflictos de propiedad con terceros; la Universidad podía crear una zonificación dentro de sus terrenos, utilizar las partes resultantes para la construcción de alguna de sus dependencias o atribuirles usos específicos, con base en criterios bien razonados y acordados por sus integrantes. Es decir que la Reserva, más que un predio perfectamente definido, era una decisión de manejo que expresaba la voluntad de proteger al ecosistema. Pero los efectos de la imprecisión en su delimitación, que fueron acarreados en modificaciones sucesivas, se manifestarían más adelante. Desde su creación, la Reserva se ha incrementado y reestructurado en cuatro ocasiones mediante sendos acuerdos, que buscaron conciliar el objetivo de conservación ecológica con las necesidades de crecimiento de la Universidad, a través de la incorporación de nuevas áreas, la creación de zonas de amortiguamiento y la redistribución del área núcleo.

Segundo acuerdo

En 1990 se incrementó la extensión total de la Reserva Ecológica a 146.8 hectáreas (Sarukhán, 1990). Se definieron por primera vez dos zonas núcleo que ocupaban 115 hectáreas y zonas de amortiguamiento que sumaban 31.8 hectáreas y que se consideraban como parte de la Reserva. La zona poniente fue reestructurada para incorporar una parte en su extremo norte, así como una extensa zona de matorral razonablemente bien conservado en su porción central, que había sido excluida en 1983. Al mismo tiempo, se convirtieron en Zona de Amortiguamiento dos polígonos: el primero era una franja estrecha en su extremo oriental, y el segundo comprendía la superficie ocupada por el Jardín Botánico y el Vivero Alto, las instalaciones del Centro de Ecología, de los Instituto de Biología e Ingeniería y de la Dirección General de Obras y Conservación (figura 3). Estos dos polígonos quedaron, por consiguiente excluidos de la Zona Núcleo Poniente. La zona oriente definida en 1983 no cambió sus límites, pero el Espacio Escultórico, ubicado en su interior, también se convirtió en zona de amortiguamiento.

En este acuerdo se menciona por primera vez un Comité Ejecutivo de la Reserva, dependiente de la Coordinación de la Investigación Científica y se le atribuye “la regulación de los usos y las actividades por desarrollar en las zonas núcleo”. Sin embargo, no se declara su creación de modo explícito, y no se especifica su estructura, ni los criterios para elegir a sus integrantes. Es de suponerse que la intención fue que se formara con base en el Comité Asesor creado en 1983. Por otra parte, el acuerdo menciona un levantamiento topográfico anexo, pero no ha sido posible determinar si fue elaborado específicamente para definir los límites de la REPSA, dónde se encuentra o que entidad es la encargada de custodiarlo.

Acuerdos de 1996-97

En marzo de 1996 se elaboró otro acuerdo (Sarukhán, 1996), con el fin de desincorporar una superficie de 2.9 hectáreas de la Zona Núcleo Oriente para la construcción de edificios, y reponerla mediante un aumento equivalente en otro de sus linderos, así como la incorporación de una parte nueva al área núcleo poniente. También se creó una nueva *zona de recuperación ecológica*, conocida como la “porción sur-oriental”, “La Canteral” ó “Can-

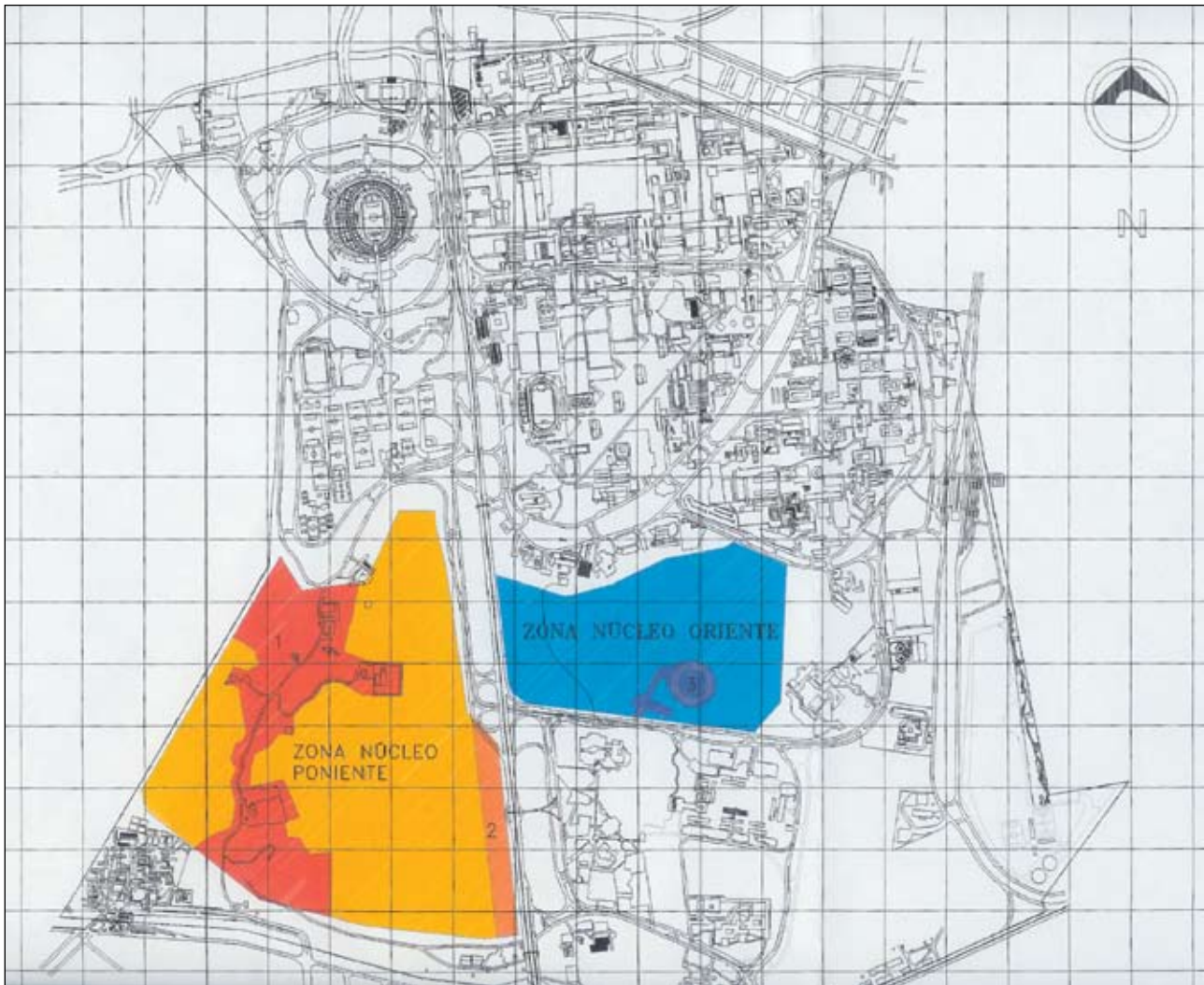


Figura 3. En el acuerdo de 1990 se expandió la Reserva de 124.5 a 146.9 hectáreas y por primera vez se empleó la designación de Zona Nucleo (Zonas Núcleo Poniente y Oriente en amarillo y azul, respectivamente), y de Zona de Amortiguamiento (formada por tres polígonos rojo, naranja y violeta). Se incorporó una superficie de matorral bien conservado al centro de la Zona Núcleo Poniente. (Plano: Dirección General de Obras y Conservación, UNAM).

tera Oriente”, separada del terreno principal de CU por la Avenida Delfín Madrigal. Esta zona se ubica en un gran hueco en el terreno, formado por la extracción de la roca basáltica que se empleó como material de construcción y se le asignó una zonificación de manejo bastante compleja. Sus partes fueron: la zona núcleo “3”; las Zonas de Amortiguamiento “D” (para evitar invasiones desde el Pedregal de Santo Domingo); “E” (colindante con Av. Delfín Madrigal, para introducción de especies nativas y ornamentales); “F” (instalaciones del Club de Fútbol Pumas) y “G” (tanques de agua potable de la DGCOH-DDF). Como resultado neto, la Reserva se incrementó

a 172 hectáreas y se mantuvo la designación de zonas núcleo y zonas de amortiguamiento (figura 4). En este acuerdo, se menciona nuevamente a la Coordinación de la Investigación Científica como la responsable de regularizar los usos y las actividades en la Zona Núcleo, y se hace mención de una reglamentación que debía ser expedida por el Comité Ejecutivo y por la Comisión para la Conservación y el Mantenimiento del Patrimonio Inmobiliario de la Ciudad Universitaria.

El 13 de enero del año siguiente se publicó un nuevo acuerdo (Sarukhán, 1997), que simplificó la estructura,

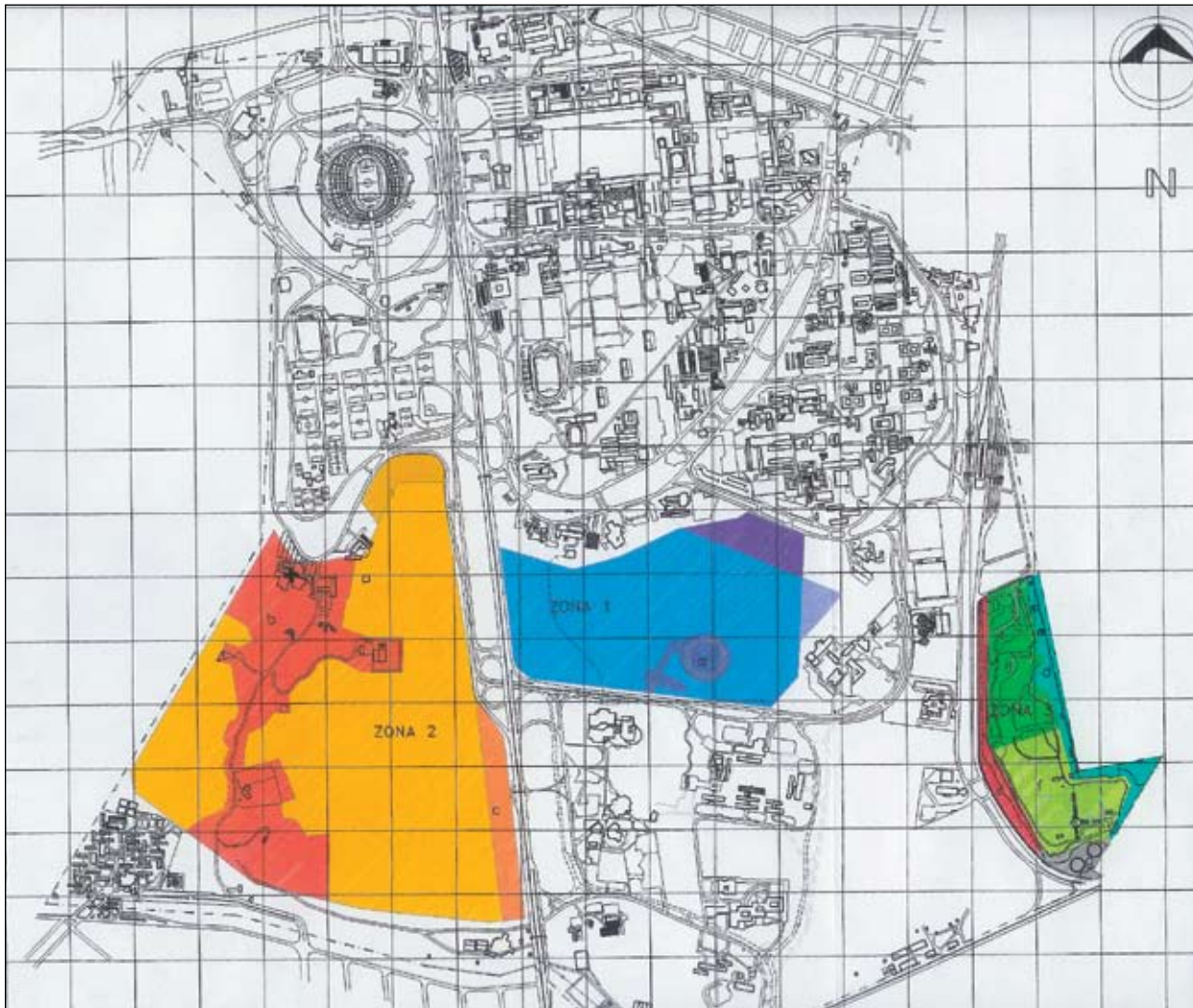


Figura 4. Re-zonificación efectuada a través del acuerdo de marzo de 1996 donde se incluye una tercera zona núcleo a la Reserva ("Sur-Oriente" mostrada como Zona 3, en verde) Se restó superficie al norte de la Zona Núcleo Oriente ó "Zona 1" (color morado), y se compensó mediante incrementos en su extremo oriental (violeta claro) y al norte de la Zona Núcleo Poniente ó "Zona 1" (polígono mostaza). Colindando con la Zona Núcleo 3, en "La Cantera" se definieron las Zonas de Amortiguamiento "D" (azul turquesa), "E" (rojo oscuro), "F" (verde claro) y "G" (gris). La superficie total de la Reserva se incrementó a 172 hectáreas. (Plano: Dirección General de Obras y Conservación, UNAM).

al integrar la mayoría de las zonas de amortiguamiento y casi la totalidad de las zonas núcleo, bajo una sola categoría denominada "Reserva Ecológica", con un régimen de protección estricta equivalente al de las zonas núcleo previas (figura 5). También creó la Zona Núcleo Sur, ubicada al sur del Circuito Mario de la Cueva y colindante con el museo Universum, con lo que la Reserva quedó formada por cuatro porciones. Cabe destacar que se excluyeron las instalaciones del Instituto de Biología y también el terreno anexado en marzo de 1996 al norte de la Zona Núcleo Poniente,

en el cual se construyó posteriormente el Instituto de Investigaciones Biomédicas. También se añadieron a la Zona Núcleo Oriente dos fragmentos: uno al norte, con el que se reintegró el terreno que fue desincorporado en marzo de 1996 y otro al sur, junto a la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. En este acuerdo se introdujo la figura de las Áreas Verdes de Manejo Especial (AVME), que no eran parte de la Reserva, pero que fungían como zonas de amortiguamiento. Éstas se establecieron en zonas de matorral, en varios camellones y en algunos de los bordes del área protegida, designados como

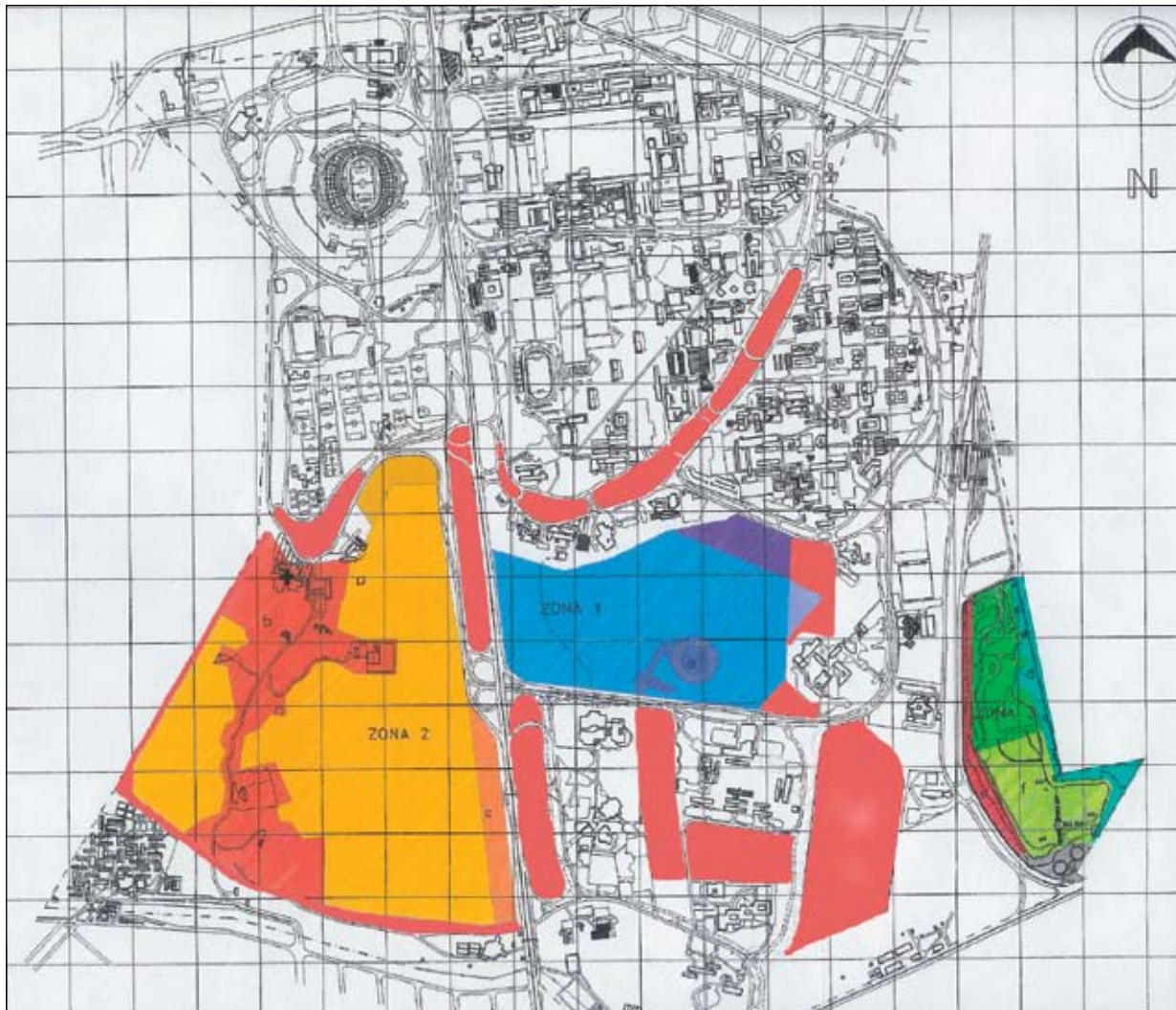


Figura 5. Plano de la Reserva que acompaña al acuerdo publicado el 13 de enero de 1997, tomado de la Gaceta UNAM. En este acuerdo, se consolidó toda la Reserva anterior en las Zonas Núcleo (naranja), se incorporaron partes a las Zonas Núcleo Oriente y Poniente (verde) y se creó la Zona Núcleo Sur (violeta). Se excluyeron las zonas de amortiguamiento de "La Cantera" y se crearon las Áreas Verdes de Manejo Especial (azul). La superficie total se incrementó a 212 hectáreas. (Sarukhán, 1997). Los números en recuadros y las máscaras de color fueron sobrepuestos por los autores, para facilitar la interpretación.

"futuras vialidades" en los planes de desarrollo. Con este acuerdo, además se creó el Comité Técnico de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (CT-REPSA), que se responsabilizó de su protección y manejo. La extensión del área de protección estricta aumentó a 177 hectáreas, que junto con la superficie ocupada por las AVME (35.6 ha), sumaba 212 ha. Este acuerdo también lleva como anexo un plano de localización en el que se indican los nuevos límites, pero que también adolece de varias deficiencias.

Todos estos acuerdos manejan diferentes denominaciones para la Reserva y sus zonas, pero los propósitos que se les asignan se han mantenido consistentemente. En todos ellos, la descripción de los límites se hace con los mismos criterios que en el de 1983 y se acompañan de planos de localización ó croquis similares.

La delimitación de 2005

En 2005, la construcción de vialidades e instalaciones en sitios colindantes con la REPSA despertó en miembros del Comité Técnico y en buena parte de la comunidad universitaria, la inquietud de que las obras estuviesen invadiendo el área protegida, que su desarrollo tuviera efectos colaterales en ella y que afectara a la fauna que transita por el campus. Si bien es cierto que las dependencias encargadas del desarrollo de infraestructura, habían considerado en sus proyectos los límites de la Reserva desde que ésta fue creada, la falta de una definición precisa, tanto en los planos como en el terreno, hacía posible la existencia de errores y dio lugar a discusiones de difícil solución. En este caso, los dos sitios que generaban mayor preocupación se encontraban justamente en la colindancia con “futuras vialidades” y el conflicto se materializó cuando una de éstas fue construida. Para evaluar la existencia de afectaciones, fue necesario en primer término realizar una interpretación detallada de los límites de la REPSA, que puso de manifiesto las deficiencias mencionadas anteriormente. Por otra parte, no existían marcas o indicaciones de los límites sobre el terreno, lo que propiciaba las invasiones, el tránsito incontrolado de personas, vehículos y fauna feral, la disposición de residuos, el saqueo de especies y la comisión de ilícitos. Esta investigación sobre los linderos, desencadenó la identificación de residuos peligrosos provenientes de laboratorios, llantas, partes de vehículos, papel, troncos de árboles, mobiliario, computadoras de deshecho y contenedores de líquidos industriales. En otras zonas, se encontró que se lavaban revolvedoras, se descargaban grandes cantidades del cemento sobrante o se tiraba cascajo. En otras más, personas ingresaban sin control para transitar, ingerir bebidas o cometer ilícitos, como el abandono de autos robados. Estos problemas, que ya habían sido planteados por miembros de la comunidad, fueron evidentes durante la realización de los trabajos de campo y el análisis de imágenes aéreas.

El proceso dio como resultado la decisión de reestructurar una vez más la REPSA para aumentar su cobertura y eficacia, así como la de incorporar en el nuevo acuerdo una delimitación precisa tanto en los mapas como en el terreno, empleando las herramientas tecnológicas más avanzadas a nuestro alcance (De la Fuente, 2005). Con este acuerdo se dotó de mayor capacidad operativa al

Comité Técnico de la REPSA mediante la creación de la Secretaría Ejecutiva y la asignación de un presupuesto operativo básico.

Identificación de afectaciones

Antes de pasar a la descripción de los métodos empleados en la reestructuración de la REPSA, conviene revisar el proceso que puso de manifiesto los conflictos y las deficiencias técnicas, porque ejemplifica algunos de los problemas que ocurren durante la creación y mantenimiento de las áreas naturales protegidas. También conviene contar con una memoria de ellos, para no cometer errores similares en el futuro. En primer término, para determinar la existencia de afectaciones, se requería de una evaluación que, en principio, era trivial. Bastaba con utilizar un sistema de información geográfica para sobreponer los límites de la REPSA, expresados como polígonos, a una imagen reciente que mostrara las obras en desarrollo, para determinar si existían invasiones y en su caso, medirlas.

Como la descripción en el texto del acuerdo más cercano en el tiempo a estos acontecimientos (Sarukhán, 1997), no era suficiente para determinar la posición de algunos de los límites de interés, se tomarían como referencia los mostrados en el plano de localización anexo a dicho acuerdo. Sin embargo, se presentaron varios obstáculos. El primero fue que el archivo digital del plano ya no existía, y tampoco fue posible conseguir alguna de las impresiones en formato grande hechas a partir de ese archivo, susceptible de ser digitalizada y georreferenciada. Por otra parte, se encontró que la indicación de los límites sobre el plano de localización se hizo de buena fe, pero utilizando un procedimiento inadecuado. Éstos se trazaron directamente sobre la ampliación de una aerofotografía que no había sido ortorectificada ni georreferenciada con métodos fotogramétricos, es decir, que aún no se habían eliminado las deformaciones (principalmente radiales) introducidas por el lente y la desviación del eje óptico de la cámara. Tampoco se tomaron en cuenta los desplazamientos ni las diferencias de escala producidas por el relieve. Todas estas variables deben cuantificarse y hacer las correcciones correspondientes para poder hacer mediciones con una precisión determinada, sobre una imagen. Estos fenómenos alteran la posición y las dimensiones de los objetos representados en la

fotografía, y los errores resultantes estarán presentes en un mapa trazado directamente sobre ella. Por otra parte, las fotografías aéreas pueden ser amplificadas para incrementar su escala hasta cinco veces, pero para que conserven sus características métricas, esto debe hacerse a partir del negativo original y con instrumentos ópticos especializados ó con barredores fotogramétricos; cualquier otro procedimiento de amplificación introducirá deformaciones adicionales e incrementará el error. La magnitud del error depende de la escala; a escalas menores, el error medido en metros es mayor y lo mismo ocurre con los mapas. Pero la precisión de un mapa no puede ser mayor que la de las fotografías que se utilizaron para producirlo, aunque éste se imprima a una escala mayor.

En nuestro caso, los únicos ejemplares del plano que fue posible obtener, eran fotocopias en tamaño carta del acuerdo que presentaban deformaciones evidentes, o copias de escala aún más pequeña mostradas en algunos trabajos científicos. Es decir, que a la incertidumbre sobre la escala original, se sumaron una reducción en la escala del plano y los artificios del fotocopiado, aumentando de modo incontrolado el error. Por estas razones, el documento gráfico del acuerdo no puede considerarse como un plano ó un mapa, sino como un croquis cuya utilidad es ilustrativa, pero no de referencia precisa. En las copias disponibles, el espesor de los trazos equivalía a 8 metros en el terreno, mientras la discusión giraba en torno de afectaciones estimadas de modo preliminar entre 2 y 30 metros. Para dilucidar la ubicación de los límites se consultaron planos topográficos empleados en la construcción de obras, algunos de los cuales parecen haber sido utilizados en 1996 como auxiliares para la elaboración del acuerdo. También se encontraron inconsistencias en estos planos, tanto en la ubicación de rasgos e instalaciones, como en el cierre de los polígonos, siguiendo los ángulos y distancias mostrados en ellos. Fue necesario hacer una aproximación de los límites a partir del análisis del texto, sobreponer el croquis y los planos disponibles a ortofotografías escala 1:4,500, así como realizar consultas constantes con el Comité Técnico de la REPSA. A partir de esta interpretación se definieron dos escenarios que correspondían a las afectaciones máxima y mínima respectivamente. Si bien las afectaciones detectadas en el peor caso eran de escasa magnitud (0.8 hectáreas) en relación con el tamaño de la Reserva, se concluyó que existían y que podrían haber

sido de mayor importancia, sin la reacción oportuna de la comunidad y de las autoridades universitarias. El proceso hizo evidente que la imprecisión en la delimitación de la Reserva constituía una fuente potencialmente seria de conflictos y de daños al ecosistema. Por otra parte, la instalación de bardas y controles era imposible si no se conocía el sitio preciso en el que debían colocarse.

Generación de ortomosaicos

Se construyeron dos mosaicos ortocorregidos a partir de fotografías aéreas digitales visibles e infrarrojas, con varios propósitos. Primero se utilizaron para identificar las obras y su extensión, y después para identificar alternativas de reestructuración a través del diagnóstico de la REPSA, para la identificación de áreas bien conservadas susceptibles de incorporación y para proporcionar una referencia espacial y temática confiable para la delimitación. Para elaborar el primer mosaico, se utilizaron imágenes aéreas obtenidas con cámaras digitales de formato pequeño, que de manera circunstancial fueron tomadas para otros proyectos en esa misma época. Estas imágenes tienen una resolución aproximada de 80 cm/píxel sobre el terreno, que permite utilizar con comodidad una escala de trabajo de 1:20,000. Las imágenes se obtuvieron por medio de dos cámaras digitales, una en color visible y otra en el infrarrojo cercano. Para las imágenes visibles se utilizó una cámara Kodak DCS 14n Pro equipada con un lente Nikkor 35mm AF-D f/2.8, con un conteo nominal de 14 millones de píxeles y que produce archivos de 4,536 x 3,024 píxeles. Las imágenes infrarrojas fueron tomadas con una cámara Sony F-707 modificada para registrar el infrarrojo cercano, que produce archivos de 2,560 x 1,920 píxeles. Tras la modificación se instaló un filtro infrarrojo B+W 093 (Schott RG-830), cuya curva espectral, combinada con la del sensor CCD de la cámara, permite registrar las longitudes de onda entre 850 y 1,100nm con una transmisión superior al 50%. El filtro bloquea el intervalo visible ($\tau < 1\% @800\text{nm}$). Las imágenes infrarrojas fueron remuestreadas y registradas con precisión sobre las visibles para producir archivos TIF con cuatro bandas espectrales. Éstas fueron georreferenciadas, ortocorregidas y unidas en un mosaico. Con estas imágenes fue posible realizar una estimación preliminar de afectaciones, pero presentaron algunas limitaciones. En primer término, el levantamiento del que formaban parte aún no estaba terminado y aunque mostraban las

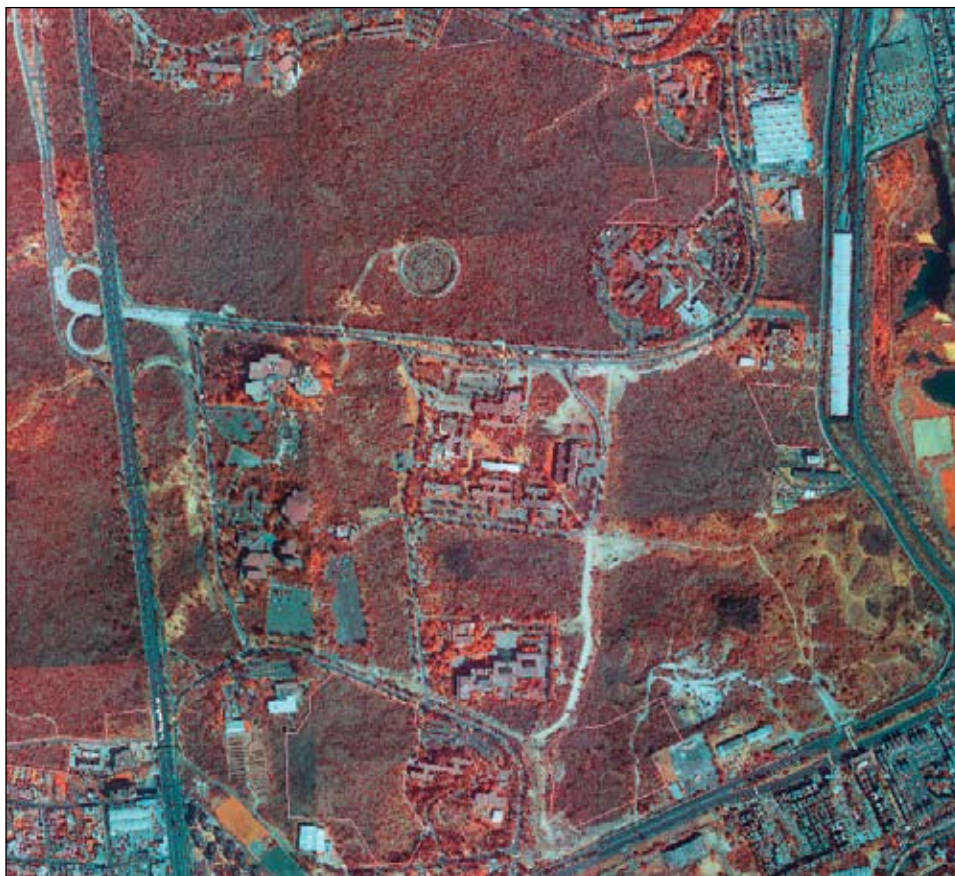


Figura 6. La utilización del mosaico compuesto de imágenes visibles e infrarrojas fue de gran utilidad para detectar aquellas áreas susceptibles de ser incorporadas a la Reserva (señaladas en este caso por polígonos en color rosa).

zonas con los conflictos más importantes, no alcanzaban a cubrir toda el área de CU. Por otra parte, la resolución de 80 cm/píxel no era suficiente para identificar los rasgos más finos y para realizar mediciones menores a 2 metros. Para eliminar estos obstáculos, se realizó de inmediato otro levantamiento aéreo con las mismas cámaras, pero a una altura significativamente menor y cubriendo la totalidad de la superficie de la CU. Las imágenes resultantes tienen las mismas características que las ya mencionadas, pero con una resolución en el terreno de 25 cm/píxel y se procesaron de la misma manera. Éstas permiten la obtención de productos con una escala de 1:2,500 (ASPRS, 2005). Las obras y otras fuentes potenciales de afectación, como los depósitos de materiales y basura, se identificaron mediante la interpretación visual y para ello fue suficiente el uso de las tres bandas que conforman el color visible, en tanto

que la banda infrarroja se reservó para una etapa posterior, en la que se determinó la presencia del matorral en toda la superficie de CU. Los polígonos correspondientes se trazaron sobre el mosaico y se realizaron verificaciones de campo en todos los sitios detectados, para validar la interpretación y también para caracterizar con detalle los materiales presentes y las actividades que se desarrollaban en cada uno. En todo el proceso se utilizó el programa ArcView como plataforma básica para el manejo de información geocodificada y se creó un pequeño SIG, al que se incorporaron las imágenes, los planos y los mapas existentes. En él se generaron también capas con polígonos, rasgos lineales y puntos, así como tablas de atributos y áreas durante las etapas de evaluación y delimitación (figura 6).



Figura 7. Aquellos puntos de la rejilla que resultaron inaccesibles, fueron desplazados hacia lugares claramente identificables desde la fotografía aérea.

Campaña de obtención de puntos de control con GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es una herramienta muy útil para determinar las coordenadas de un punto sobre el terreno. El uso de receptores para trabajo geodésico permite obtener precisiones del orden de unos cuantos milímetros cuando se utiliza en modo diferencial (Prado-Molina y Peralta-Higuera, 2007). Un total de 165 puntos de alta precisión fueron obtenidos usando esta técnica, con una desviación estándar de 15 mm, teniendo como base una rejilla uniformemente distribuida cubriendo el campus universitario y sus alrededores (figura 7). Estos puntos permitieron obtener un modelo digital del terreno y sirvieron también como puntos de control terrestre, para aplicar los procesos fotogramétricos de aerotriangulación y ortorrectificación, que eliminan las distorsiones inherentes a la cámara y el lente, así como aquellas producidas por el relieve del terreno o las introducidas durante la obtención de las imágenes (movimientos incontrolados de la aeronave). Con ello, los ortomosaicos resultantes adquieren características geométricas equivalentes a las de un mapa.

Los equipos utilizados para este proyecto fueron los siguientes: Receptores Trimble™ 4000Ssi de dos bandas (L1, L2) con antenna microcentrada, utilizando el método estático rápido con órbitas precisas y dos estaciones de referencia: UIGF (Instituto de Geofísica, UNAM) y UPEC

(Centro Histórico). También se emplearon receptores TOPCON™ HiperL1 de una sola banda (L1) y una estación de referencia BIGG (Instituto de Geografía, UNAM), que sirvieron principalmente para verificar sobre el terreno la posición de algunos de los puntos en conflicto y la posición de los postes que señalan algunos de los vértices de la Reserva. Las coordenadas de esta estación fueron obtenidas mediante triangulación de puntos conocidos y la desviación estándar obtenida con estos equipos fue de 0.5 cm, utilizando el modo estático rápido (Prado-Molina y Peralta-Higuera, 2005a).

Además del mapa definitivo de la Reserva (figura 8) se generó un *anexo técnico* donde se hace una descripción detallada, de las áreas, los límites y colindancias de todas las zonas pertenecientes a la Reserva (Prado-Molina y Peralta-Higuera, 2005b). Los vértices de la Reserva fueron verificados exhaustivamente para evitar inconsistencias en las dimensiones y en su localización geográfica.

También se emprendieron otras acciones importantes para la protección de la zona, como la colocación de postes en todos aquellos vértices de los polígonos en los que no existían otras referencias físicas (figura 9), con la finalidad de evitar confusiones en el futuro y hacer evidentes las invasiones, para poder detenerlas inmediatamente. Las coordenadas de cada poste fueron verificadas con GPS después de su colocación.

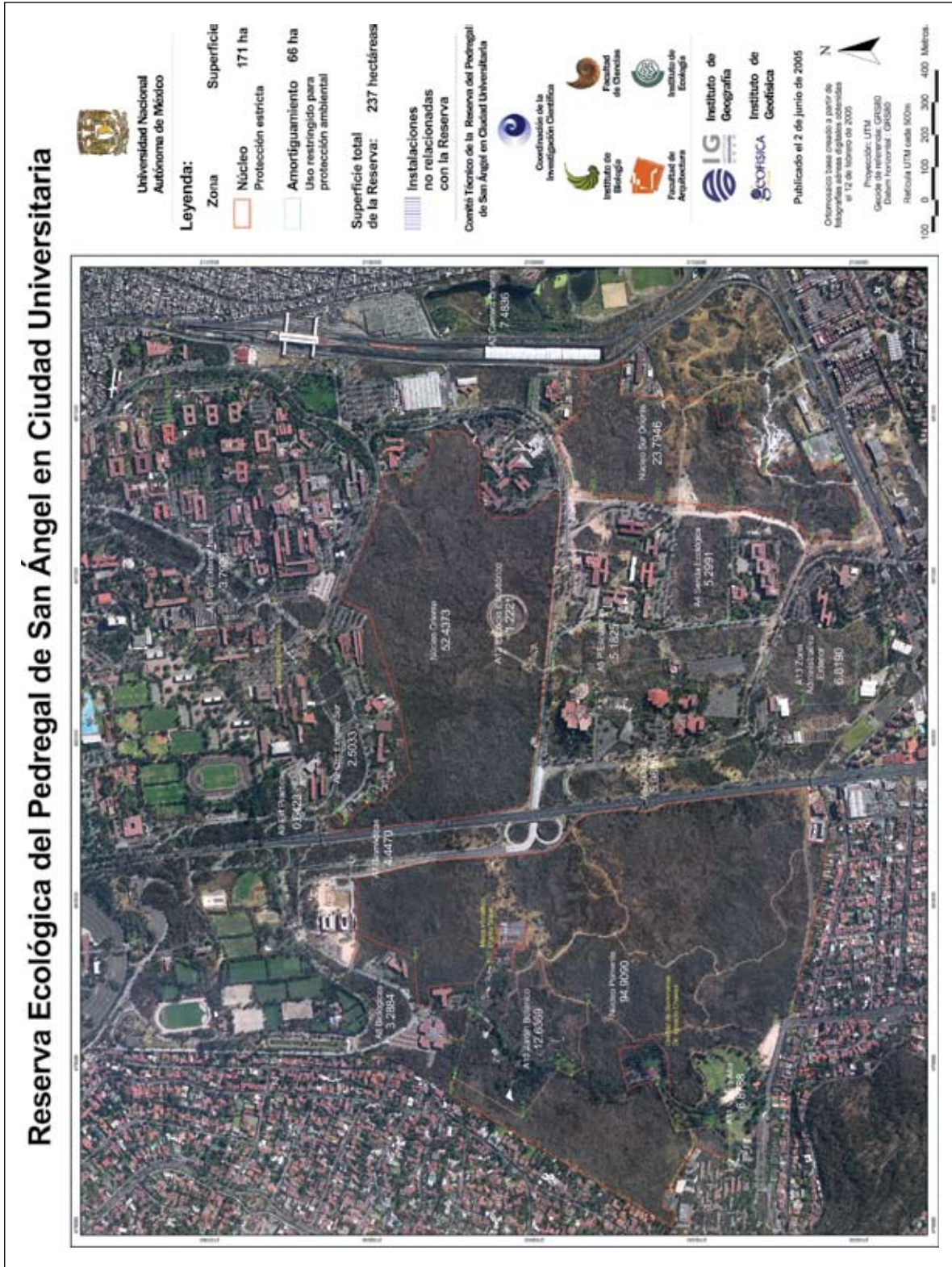


Figura 8. Ortofotomapa con los polígonos de la delimitación de la REPSA sobrepuestos, publicado en Gaceta UNAM el 2 de Junio de 2005. Mediante este acuerdo la Reserva tuvo un incremento de 24 ha, por lo que ahora la zona núcleo es de 171 ha y la de amortiguamiento de 66 ha, contando con una superficie total de 237 ha (Peralta *et al.*, 2005).

Figura 9. La colocación de postes donde no hay una buena referencia física, permite determinar de manera inequívoca la posición de los vértices de la REPSA.



El papel de la geomática en el proceso

Para la reestructuración de la Reserva descrita en este trabajo, la discusión sobre qué áreas debían ser protegidas y cuáles podrían ser usadas para cubrir las necesidades de espacio de la Universidad, se dio en el seno del Comité Técnico de la REPSA, que incluye a especialistas, autoridades y representantes de sectores académicos comprometidos con la conservación. Además del análisis de las imágenes, se realizaron verificaciones de campo y se tomaron en consideración los resultados de muestreos de flora y fauna, que mostraron la importancia de zonas que no se habían considerado previamente, en las que se encontraron ejemplares de especies endémicas o en peligro. Si bien este ejercicio refleja lo que ocurre durante la creación de áreas protegidas a nivel estatal o federal, la divergencia entre los distintos puntos de vista es mucho menos marcada dentro de la Universidad, donde las discusiones son facilitadas por un ambiente de argumentación científica y de búsqueda de soluciones. En la mayoría de los casos a nivel nacional las negociaciones son difíciles, ya que en ellas participan sectores que frecuentemente tienen intereses contrapuestos, como organizaciones ambientalistas, investigadores, productores forestales y agropecuarios, inversionistas turísticos o industriales. El resultado esperado es un equilibrio inteligente entre los objetivos de estos grupos, que es la base del desarrollo

sustentable y para lograrlo es preciso recurrir a métodos complejos diseñados para minimizar los conflictos, identificar las concordancias, posibilitar la participación ciudadana y maximizar la protección de los ecosistemas en el balance final. Durante este proceso, lo ideal es que se identifiquen nuevos escenarios y objetivos que en muchas ocasiones no son evidentes a primera vista. La visualización de relaciones espaciales, la determinación de superficies, la evaluación rápida de alternativas sobre la marcha y la estimación de impactos, son elementos que facilitan la discusión y aportan información objetiva, por lo que la disponibilidad de datos geoespaciales y el aprovechamiento de las herramientas de la geomática deben ocurrir desde el inicio.

Los aspectos metodológicos y las tecnologías que se utilizaron en este trabajo, como los sistemas de información geográfica, los sistemas de posicionamiento global, el análisis geoespacial y la percepción remota, son ya indispensables para la definición y manejo de áreas protegidas y la creación de planes de ordenamiento ecológico. Puesto que una parte de la discusión tiene una base científica, que debe integrar el conocimiento acumulado del territorio, de la sociedad, de la economía y de los ecosistemas, resulta indispensable manejar grandes cantidades de información y es ahí donde estos instrumentos tienen una utilidad excepcional. Sin embargo, es muy importante no perder de vista que estas

herramientas no constituyen la parte esencial del proceso y que su aplicación no sustituye a la discusión que se da entre los puntos de vista divergentes de la conservación, el aprovechamiento de los recursos naturales y las necesidades de sectores específicos.

¿Cuáles son los límites del Pedregal?

A pesar de la pérdida de territorio y la degradación de las áreas remanentes, el ecosistema del *Senecionetum* aún alberga una gran diversidad biológica y es muy probable que existan especies de plantas, animales y de otros grupos que aún no han sido reportados, especialmente en las grietas y en los ambientes subterráneos. Pero también es probable que nunca conozcamos muchas especies que habitaron el Pedregal ó que desaparecerán en los próximos años sin que las hayamos identificado. Además del papel que juega como reservorio de especies desplazadas por el desarrollo urbano en el Valle de México, el Pedregal constituye un paisaje claramente identificable formado por elementos naturales y urbanos, que pueden y deben ser manejados de modo integral dando especial importancia a la CU y a las colonias colindantes (ver también Lot y Camarena, en este volumen). En éstas, se ha desencadenado recientemente un proceso de sustitución de las residencias individuales originales -en las que las masas rocosas y la flora fueron incorporadas en los proyectos arquitectónicos y persisten en los jardines- por condominios horizontales cuya lógica es maximizar la superficie construida en el terreno disponible. Esta tendencia amenaza con provocar la desaparición de los últimos relictos que se encuentran en la colonia Jardines del Pedregal y el papel ambiental que aún conservan. Además de su significado biológico, el Pedregal es de gran importancia para la recarga de los acuíferos. El relieve limita los escurrimientos superficiales y favorece

su transporte a capas inferiores del subsuelo a través de las grietas, reduciendo también la evaporación. Aunque la mayor parte de la superficie ha sido sellada por el desarrollo urbano, es necesario enfatizar el papel que juegan en este proceso los remanentes de mayor extensión, como la REPSA, pero también los jardines y afloramientos rocosos que persisten en la zona, que suman una superficie considerable. El Pedregal proporciona otros servicios ambientales a la sociedad, como sus efectos positivos sobre la calidad del aire, la reducción de la contaminación sónica, las cualidades visuales del paisaje, así como la posibilidad de realizar actividades deportivas, recreativas y culturales, que inciden en la calidad de vida de la población circundante. Su conservación es relevante desde el punto de vista científico y aún quedan muchas preguntas por responder en relación con su estructura y funcionamiento; el conocimiento de la evolución de un ecosistema que se desarrolló en condiciones tan peculiares, puede aportar datos importantes para comprender mejor la adaptación de poblaciones, el reclutamiento de especies, su diferenciación y los fenómenos de sucesión. Es claro que el paisaje único del Pedregal debe ser protegido de la desaparición, por su riqueza biológica e importancia científica, por su valor estético, por la maravilla natural que han creado los derrames de lava y por los servicios ambientales que presta a la sociedad.

Dada la imposibilidad práctica de establecer políticas de manejo en áreas cuya propiedad es en parte pública y en parte privada, y sobre las cuales no existe un acuerdo social, la creación de una conciencia sobre la importancia del Pedregal y de sus límites reales es primordial, más aún que las barreras físicas para proteger lo que queda de él. Los límites legales y físicos, por otra parte, carecen completamente de significado si las autoridades y la comunidad no los conocen y respetan escrupulosamente.

Literatura citada

- ÁLVAREZ SFJ, CARABIAS-LILLO J, MEAVE DEL CASTILLO J, MORENO-CASASOLA P, NAVA-FERNÁNDEZ D, RODRÍGUEZ-ZAHAR F, TOVAR-GONZÁLEZ C Y VALIENTE-BANUET A, 1982. Proyecto para la Creación de una Reserva en el Pedregal de San Ángel. Serie Cuadernos de Ecología, No. 1. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México.
- ASPRS planimetric feature coordinate accuracy requirement for well-defined points. <http://www.usace.army.mil/usace-docs/eng-manuals/em1110-1-1000/c-2.pdf> (sep. 2005).
- CASTILLO-ARGÜERO S, MONTES G, ROMERO MA, MARTÍNEZ Y, GUADARRAMA P, SÁNCHEZ I, NÚÑEZ O, 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México), Boletín de la Sociedad Botánica de México, 74: 51-75.
- CANO-SANTANA, Z. Y J. MEAVE 1996. Sucesión primaria en derrames volcánicos: El caso del Xitle. *Ciencias*, **41**: 58-68.
- DE LA FUENTE J. R. 2005. Acuerdo por el que se rezonifica, delimita e incrementa la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. Publicado en Gaceta UNAM (No. 3813) el 2 de Junio de 2005. pp 14-15 y 19-21.
- PERALTA-HIGUERA A., PRADO-MOLINA J., CABRALCANO E. Y DÍAZ-MOLINA O. 2005. Mapa de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Escala 1:2,500. México, DF: Instituto de Geografía e Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México.
- PRADO-MOLINA J, PERALTA-HIGUERA A. 2005a. Diagnosis and Delimitation of a Natural Protected Area Using High-Resolution Multispectral Images. 20th Biennial Workshop on Color Photography, Videography and High Resolution Digital Imagery for Resource Assessment. Weslaco, Texas, EU. CD. ISBN-1-57083-079-7. Trabajo No. 65. pp 1-8.
- PRADO-MOLINA J. Y PERALTA-HIGUERA A. 2005b. Anexo Técnico perteneciente a el Acuerdo publicado en Gaceta UNAM el 2 de Junio de 2005, mediante el cual se re-zonifica, delimita e incrementa la REPSA. Instituto de Geografía, UNAM. 19 pp.
- PRADO-MOLINA J. Y PERALTA-HIGUERA A. 2007. Apuntes del III Diplomado en Geomática. Instituto de Geografía, UNAM. pp. 1-23.
- RZEDOWSKI J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* **8**: 59-129.
- RIVERO-SERRANO O. 1983. Acuerdo mediante el cual se establece la Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria. Publicado en Gaceta UNAM (Vol. I no. 59), el 3 de Octubre de 1983. pp1, 16-17.
- SARUKHÁN, J. 1990. Acuerdo por el que se redefine la Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria. Publicado en Gaceta UNAM (No. 2494), el 20 de Agosto de 1990. pp1-2.
- SARUKHÁN, J. 1996. Acuerdo por el que se reordena e incrementa la zona de la Reserva Ecológica de la Ciudad Universitaria. Publicado en Gaceta UNAM el 14 de Marzo de 1996. pp 9-11.
- SARUKHÁN, J. 1997. Acuerdo por el que se reestructura e incrementa la zona de la Reserva Ecológica y se declaran las Áreas Verdes de Manejo Especial de la Ciudad Universitaria. Publicado en Gaceta UNAM el 13 de Enero de 1997. pp 15-17.
- SIEBE C, 2000. Age and archaeological implications of Xitle volcano, southwestern Basin of Mexico-City. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* **104**(1-4): 45-64.

La erupción del volcán Xitle y las lavas del Pedregal hace 1670 +/-35 años AP y sus implicaciones

Claus Siebe

Departamento de Vulcanología, Instituto de Geofísica
 Universidad Nacional Autónoma de México
csiebe@geofisica.unam.mx

Edad del Xitle

Las lavas del Pedregal emitidas por el volcán Xitle, un cono de escorias (tezontle) y cenizas arenosas localizado en las laderas del extinto volcán Ajusco (Fig. 1), cubren un área de aproximadamente 70 km². La erupción inició de manera “estromboliana” cuando magma basáltico rico en gases llegó desde profundidades mayores a 50 km (manto superior) a la superficie (Cervantes y Wallace, 2003a; b). La despresurización del magma y consecuente expansión rápida de los gases produjo un estilo eruptivo moderadamente explosivo que fragmentó al magma y dio lugar al emplazamiento de capas de cenizas volcánicas a partir de una columna eruptiva cuya altura fluctuaba intermitentemente. Los fragmentos de lava más grandes (escoria) caían cercanos al conducto, mientras que las partículas más finas (ceniza) eran arrastradas por el viento a grandes distancias. De esta manera, se formó primero el cono del Xitle hasta que, conforme transcurría la erupción, el contenido de gases disminuyó y el estilo eruptivo se tornó menos explosivo y más efusivo dando lugar al emplazamiento consecutivo de flujos de lava que se interdigitaban y sobreponían paulatinamente. Las lavas descendieron por una distancia de 12 km por las laderas del Ajusco (Fig. 2) hasta llegar a las planicies del Valle de México donde cubrieron vastas áreas, hoy ocupadas por colonias urbanas pertenecientes a las delegaciones de Tlalpan, Coyoacán y Alvaro Obregón. Debido a la baja viscosidad y alta temperatura de las lavas (>1000 °C), éstas se emplazaron en túneles que aun se preservan (de ahí el antiguo nombre de Tlalpan, poblado que en el siglo XIX aun se conocía como San Agustín de las Cuevas).

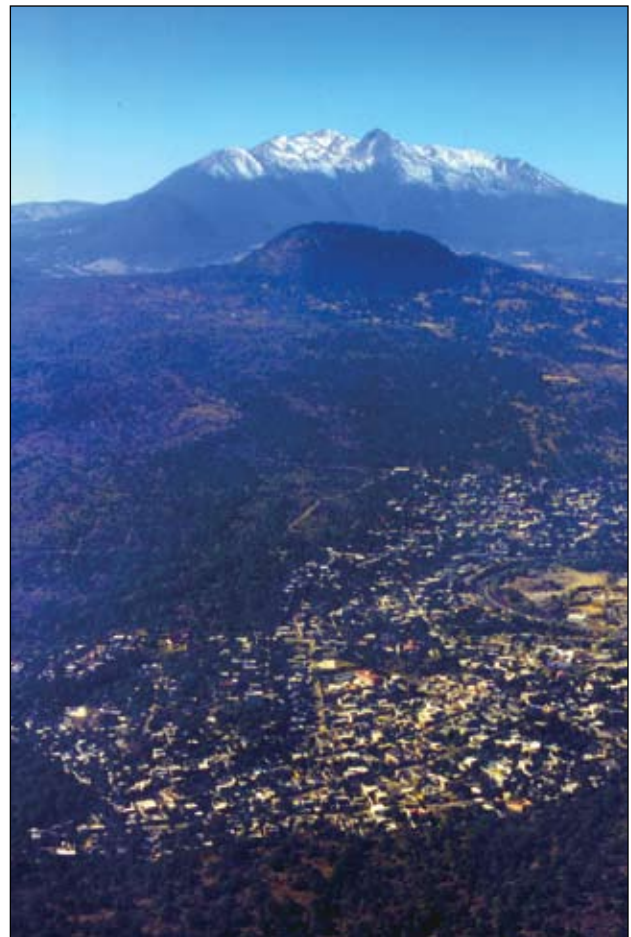


Fig. 1: Fotografía aérea del volcán Xitle (3,150 m snm) ubicado en la ladera del extinto volcán Ajusco (3,950 m snm) tomada desde un helicóptero el 29 de Diciembre de 1994.

La alta temperatura de las lavas debió producir numerosos incendios forestales que destruyeron la vegetación en un área mayor que el ocupado por los productos volcánicos propiamente. La velocidad y dirección del avance de la lava que fluía por gravedad estuvieron controladas por la topografía (drenaje fluvial e inclinación de la pendiente). Por ello las lavas fueron emplazadas hacia el N y el NE, bajando por los valles que drenaban el Ajusco hasta llegar a las planicies de la cuenca lacustre donde invadieron zonas pantanosas cuyas riberas eran habitadas por humanos (Fig. 2). La velocidad de avance de la lava no era muy alta por lo que la mayoría de las personas y fauna mayor pudieron escapar de la calcinación. No así la vegetación e insectos, razón por la cual al final de la erupción, un amplia área quedó recubierta por una roca dura y estéril (llamada comúnmente *malpaís* por los campesinos). Durante décadas, este malpaís estuvo desprovisto de vegetación debido a la dureza de las rocas, la inexistencia de compuestos de nitrógeno en el substrato y la ausencia de suelo (arcillas y limo) que fuese capaz de retener la precipitación pluvial en niveles cercanos a la superficie. Con el tiempo, el viento depositó materiales finos (arcilla y limo) que se fueron acumulando en las hondonadas de la superficie del Pedregal. Con ello las primeras especies de plantas pioneras comenzaron a repoblar la zona fijando compuestos de nitrógeno en el suelo y así permitiendo también el ingreso y crecimiento de otras especies. Aun así, el área cubierta por las lavas jamás logró ser de utilidad para la agricultura, cuando esta actividad humana se extendió por toda la cuenca de México. Inclusive, el crecimiento de los asentamientos humanos obvió ocupar esta área hasta que, con el advenimiento de la ingeniería moderna y la presión ejercida por el desmesurado crecimiento poblacional, fue finalmente factible económicamente urbanizar también esta zona que representaba uno de los últimos reductos naturales de gran extensión en la cuenca de México. La cimentación de las edificaciones, el tendido de vialidades y redes de abastecimiento de agua y drenaje en un substrato rocoso requirió de grandes inversiones (Ciudad Universitaria, Estadio Azteca, fraccionamientos lujosos), cuyo financiamiento sólo pudo ser sufragado por entidades gubernamentales o compañías privadas que tuviesen suficiente capital. Alternativamente, otras partes del Pedregal fueron pobladas de manera irregular a pesar de las precariedades que implicaba el caso (vivir sin servi-

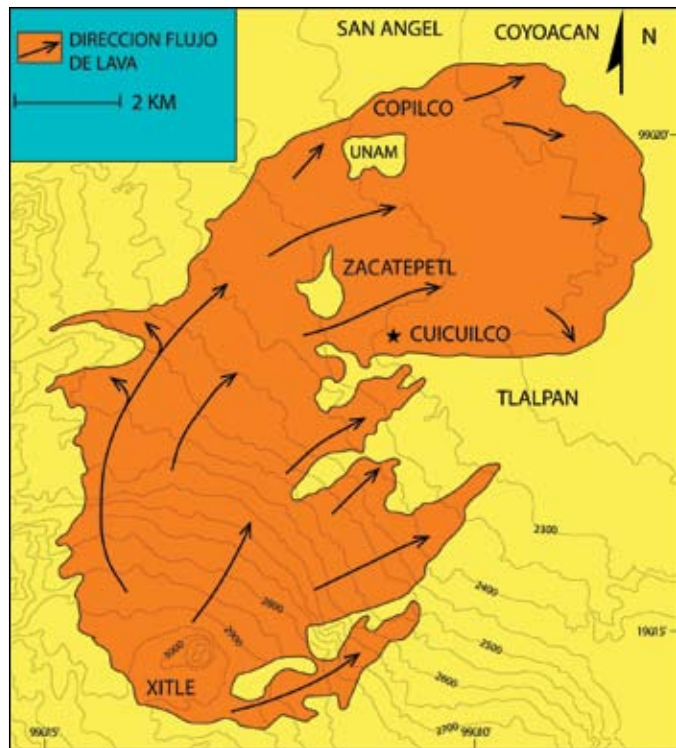


Fig. 2: Mapa esquemático que muestra la extensión de los flujos de lava que emanaron del Volcán Xitle y conforman El Pedregal.

cios básicos). Paradójicamente, el día de hoy, el Pedregal de San Ángel es probablemente el flujo de lava joven más poblado del orbe. La Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria representa en este contexto un laboratorio para estudiar la colonización vegetal y animal de un paisaje casi lunático. Este proceso de colonización natural fue interrumpido abruptamente en la mayor parte del Pedregal por la urbanización explosiva que cubrió con asfalto y cemento vastas áreas, pero también introdujo nuevas especies vegetales y animales en jardines y parques.

El volcán Xitle (*xictli* = *ombliguito* en Náhuatl) produjo las oscuras lavas basálticas del Pedregal, que tienen una apariencia fresca, sin mayor cobertura de suelo y poca vegetación. Estas características apuntan hacia una corta edad, en términos geológicos. Lo anterior se ve confirmado por los numerosos vestigios arqueológicos que a lo largo del tiempo se han encontrado debajo de las lavas y entre los que destaca la pirámide de Cuicuilco (Fig. 3). Desde las primeras excavaciones auspiciadas por la National Geographic Society y dirigidas por el



Fig. 3: Fotografía tomada desde un helicóptero el 4 de Abril de 1997 que muestra la pirámide de Cuicuilco rodeada de flujos de lava del Xitle. La estructura circular tiene un diámetro de ca. 130 m y fue explorada por primera vez por B. Cummings entre 1922 y 1925.

arqueólogo norteamericano Byron Cummings (1923a, b, c, 1926, 1933) durante la década de 1920, se ha deseado conocer la edad de esta singular zona arqueológica destruida por la erupción del Xitle y preservada para la posteridad bajo espesos flujos de lava que forman tan peculiar paisaje. La dureza de la lava requirió del uso de explosivos y los bloques de roca resquebrajada fueron transportados sobre rieles férreos en pequeños vagones mineros, que Cummings mandó instalar para tal propósito. Aún así no se pudo determinar la edad de la erupción del Xitle que fue causa del abandono forzado de Cuicuilco. La ausencia de documentos escritos que hicieran referencia a este cataclismo natural, no impidieron a Cummings especular sobre la fecha de tal evento. Sin mayor empacho, Cummings concluyó que Cuicuilco probablemente habría sido abandonado hace unos 8000 años y que seguramente se trataba de la zona arqueológica más antigua de las Américas. De esta manera Cuicuilco cobró notoriedad entre los arqueólogos que se disputaban el descubrimiento de las ruinas más antiguas del orbe e investigaban el poblamiento temprano del Continente Americano.

No fue hasta 1950, cuando W.F. Libby (1955) desarrollaba el método de fechamiento por radiocarbono, que las primeras muestras de material orgánico extraídas del paleosuelo que subyace a las lavas del Xitle fueron recolectadas por Helmuth de Terra (1951) y analizadas en Chicago en el laboratorio de Libby (en 1960 Libby recibiría el premio Nobel en química por el desarrollo de este importante método de fechamiento). El primer fechamiento (Arnold y Libby, 1951) arrojó una edad de $2,422 \pm 250$ años antes del presente (AP) y con ello terminaron de manera súbita las especulaciones sin base científica. Desde entonces, se han obtenido más de 30 fechamientos por radiocarbono de muestras recolectadas en su mayoría del paleosuelo que subyace directamente a las cenizas y las lavas. Estas muestras han arrojado edades que en su mayoría fluctúan alrededor de los 2000 años (AP) (Siebe, 2000). Como esta edad coincide con el surgimiento de Teotihuacan, se postuló la hipótesis que los fundadores de esta gran urbe podrían haber sido los antiguos pobladores de Cuicuilco que tuvieron que abandonar el sur del Valle de México para instalarse en

un lugar más seguro hacia el norte (Blanton *et al.*, 1981; Muller, 1990). Sin embargo, muestras de carbón obtenidas directamente de las cenizas del Xitle (es decir carbón producido por los incendios forestales provocados por la erupción misma) han arrojado edades más jóvenes de 1670 +/- 35 años AP (equivalente al año 280 +/- 35 de nuestra era). En consecuencia, los damnificados del Xitle no pudieron ser los fundadores de Teotihuacan, sino a lo sumo haber encontrado refugio en una ciudad que para aquel entonces ya existía (para una discusión más amplia ver Siebe, 2000). El ejemplo de Cuicuilco representa un caso documentable de un desastre volcánico en el Valle de México, cuyos efectos tuvieron consecuencias fatídicas. Aparentemente, pobladores posteriores del Valle de México tuvieron algún conocimiento de estos hechos que guardaron en su memoria por generaciones, pues en épocas toltecas y aztecas se llevaban a cabo peregrinaciones a la pirámide de Cuicuilco, único

vestigio que no fue totalmente cubierto por las lavas (Piña-Chan, 1967). Desafortunadamente, la mayoría de los actuales pobladores del sur de la ciudad de México, desconoce estos acontecimientos que se suscitaron en la antigüedad, lo cual los hará más vulnerables en caso de una nueva erupción en esta región en el futuro.

El Xitle y la Sierra Chichinautzin

El Xitle no es un volcán aislado, sino forma parte de un conjunto de más de 200 pequeños volcanes que conforman el Campo Volcánico de la Sierra Chichinautzin (Fig. 4). Esta sierra separa al Valle de México de los valles de Cuernavaca y Cuautla y las rocas volcánicas que la conforman son casi en su totalidad de edad cuaternaria, es decir geológicamente muy jóvenes. Tal abundancia de pequeños conos jóvenes indica que esta región, que forma parte del Cinturón Volcánico Mexicano, debe con-

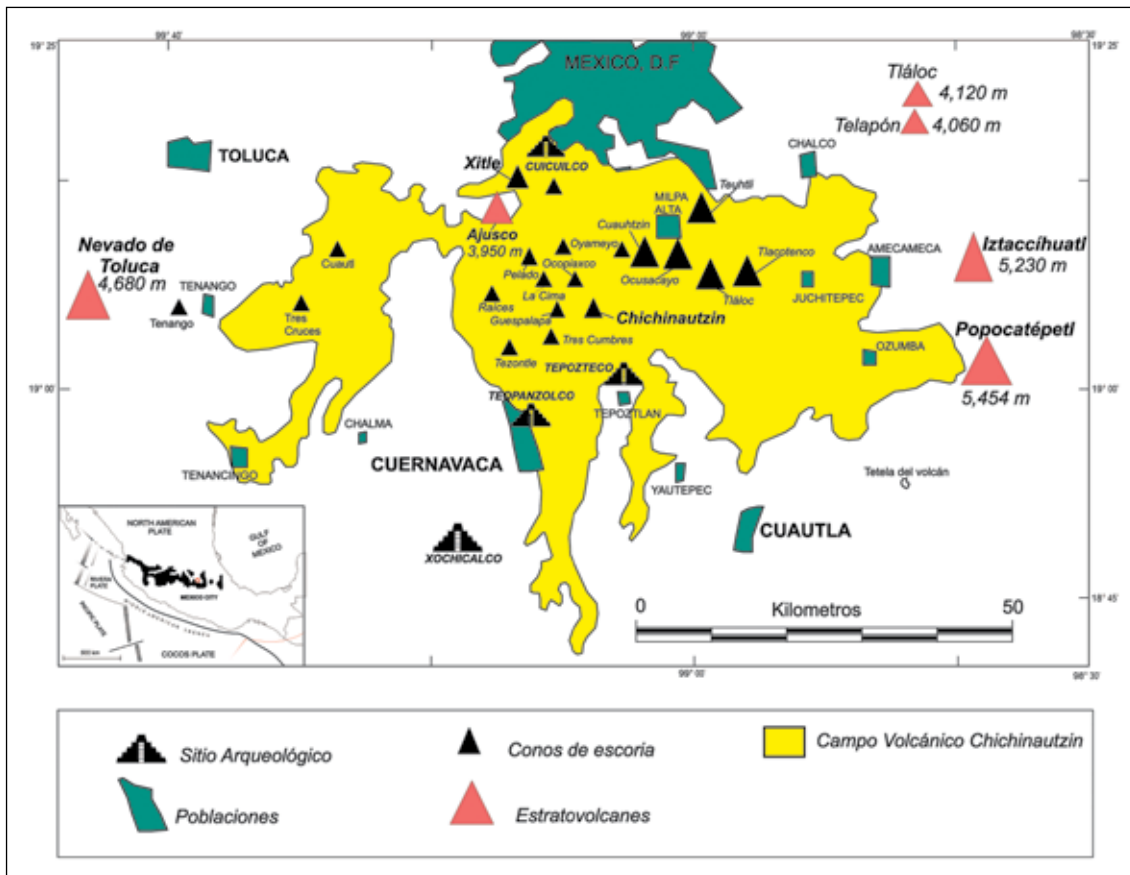


Fig. 4: Mapa esquemático que muestra la ubicación del volcán Xitle en la Sierra Chichinautzin al Sur de la Ciudad de México, así como otros conos monogénéticos jóvenes y los volcanes poligenéticos Popocatepetl, Iztaccihuatl y Nevado de Toluca. En el pequeño recuadro se indican el Cinturón Volcánico Mexicano así como otros rasgos tectónicos de México.



Fig. 5: Imagen de satélite LANDSAT con perspectiva hacia el SW que muestra el volcán Xitle (X) y la extensión de El Pedregal así como parte de la Sierra Chichinautzin. M=Ciudad de México, Ch=Volcán Chichinautzin, P=Volcán Pelado. Las flechas indican la traza de una gran falla normal con dirección E-W.

siderarse potencialmente activa y por ende se puede afirmar con toda certeza que algún día volverá a ocurrir una erupción que formará un nuevo pequeño cono en esta zona. El nombre de esta sierra, “Chichinautzin” deriva del pequeño volcán del mismo nombre y significa en náhuatl “Señor que quema”. El volcán Chichinautzin, fechado en 1835 +/- 55 años AP (Siebe *et al.*, 2004a) es después del Xitle el segundo más joven de este campo volcánico y está situado en su parte central (Fig. 5). Sus lavas desprovistas de suelos maduros y cubiertas con escasa vegetación se pueden observar con facilidad en la curva “La Pera” de la autopista México-Cuernavaca. Durante los últimos años se ha logrado fechar por radiocarbono a varios de los volcanes más jóvenes que conforman a la Sierra Chichinautzin, como lo son el Guespalapa, Pelado, Tláloc, Tlacotenco, etc. (Siebe *et al.*, 2004a, b; 2005; Siebe y Macías, 2006). En conclusión, se puede decir con base en los fechamientos realizados, que en promedio surge un nuevo cono volcánico cada 1000 años en la Sierra Chichinautzin. Sin embargo, esto no ocurre con precisión astronómica, sino al contrario, parece que ha habido épocas donde varias erupciones ocurren de manera seguida en pequeños intervalos, interrumpidos por periodos largos de 2000 a 3000 años de aparente quietud.

El Xitle, un volcán monogenético como otros volcanes mexicanos

El Xitle es un volcán monogenético, es decir, se produjo durante una sola erupción, a diferencia de los volcanes poligenéticos que se forman a lo largo de miles de años como producto de múltiples erupciones interrumpidas por periodos de reposo de duración variable. El Popocatepetl y el Volcán de Colima son ejemplos típicos de volcanes poligenéticos activos, mientras que el Pico de Orizaba, El Ceboruco y La Malinche también son poligenéticos, pero actualmente en estado de reposo. Existen en México alrededor de 20 volcanes poligenéticos, en su mayoría concentrados a lo largo del Cinturón Volcánico Mexicano que atraviesa la parte central del país de este a oeste a lo largo del paralelo 19° de latitud norte. Adicionalmente, existen más de 3000 conos monogenéticos. Estos pequeños conos no se encuentran distribuidos de manera homogénea sino que se concentran en campos volcánicos como el de la Sierra Chichinautzin o en el Estado de Michoacán, donde se ubica la mayor cantidad de ellos. En Michoacán también ocurrieron las dos erupciones monogenéticas más recientes sobre territorio mexicano, ambas documentadas históricamente: la erupción del Jorullo inició en 1759 y terminó en 1774

(Gadow, 1930), mientras que la del Parícutin inició en 1943 y terminó en 1952 (Luhr y Simkin, 1993). El Parícutin nació durante la 2ª Guerra Mundial y en aquel entonces se había instalado una oficina del United States Geological Survey en la Ciudad de México, cuyos geólogos tenían la encomienda de explorar el territorio nacional en búsqueda de minerales estratégicos para la industria bélica. Varios de ellos (e.g. R. E. Wilcox, C. Fries, K. Segerstrom, etc.) recibieron la asignación de estudiar la erupción del Parícutin y se sumaron a los esfuerzos de geólogos mexicanos y norteamericanos (e.g. G. González-Reyna, E. Ordóñez, W. F. Foshag, etc.) afiliados a otras instituciones. Artistas como Gerardo Murillo el "Dr. Atl" (1950) y fotógrafos como Hugo Brehme también visitaron el Parícutin y plasmaron sus impresiones en obras de gran calidad. Gracias a estas circunstancias, la erupción del Parícutin es una de las erupciones monogenéticas mejor documentadas en el mundo (Ordóñez, 1947; Luhr y Simkin, 1993). Varios poblados fueron destruidos por las lavas o seriamente afectados por las cenizas (Rees, 1979). Los desplazados tuvieron que rehacer sus vidas y muchos campesinos purépechas de esta región fueron reclu-

tados por el "Bracero Program", que buscaba suplir de manera ordenada la enorme demanda de trabajadores agrícolas en los EEUU (Nolan, 1979).

Aunque los volcanes Jorullo y Parícutin no volverán a entrar en erupción, es muy probable que en esta región, así como en la Sierra Chichinautzin, surjan nuevos volcanes monogenéticos en el futuro. Mientras tanto estos volcanes, al igual que el Xitle, pueden servir como laboratorios naturales para investigar los procesos magmáticos que les dieron origen, así como el impacto de sus erupciones en la sociedad y flora y fauna silvestres. El repoblamiento y la recuperación de estos territorios devastados es de igual interés y debiera seguirse estudiando. La mayor divulgación de los resultados de estos estudios en museos de sitio y otros medios sería sin duda de gran ayuda para informar a la población sobre el riesgo que implica vivir en un territorio eminentemente volcánico. Una población y funcionarios públicos informados sin duda podrán enfrentar de mejor manera los retos que de esta situación se derivan.

Agradecimientos

Las investigaciones realizadas por el autor y sus colaboradores, entre los que destacan varios estudiantes del Posgrado en Ciencias de la Tierra de la UNAM, han sido financiadas en gran medida por el CONACYT y la DGAPA-UNAM, instituciones que merecen nuestro más amplio reconocimiento.

Literatura citada

- ARNOLD, J. R., Y LIBBY, W. F., 1951. Radiocarbon dates. *Science* **113**: 111-120.
- BLANTON, R. E., KOWALEWSKI, S. A., FEINMAN, G. Y APPEL, J., 1981. Ancient Mesoamerica. Cambridge University Press. 300 p.
- CERVANTES, P., Y WALLACE, P., 2003a. Magma degassing and basaltic eruption styles: a case study of ~2000 year BP Xitle volcano in central Mexico. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* **120**:249-270.
- CERVANTES, P., Y WALLACE, P., 2003b. Role of H₂O in subduction zone magmatism: New insights from melt inclusions in high-Mg basalts from central México. *Geology* **31**: 235-238.
- CUMMINGS, B., 1923a. Cuicuilco. *Ethnos*, Vol. II, No. 1: 90-94.
- CUMMINGS, B., 1923b. Cuicuilco, the oldest temple discovery in North America. *Art and Archaeology*, **16**: 51-58.
- CUMMINGS, B., 1923c. Ruins of Cuicuilco may revolutionize our history of Ancient America: lofty mound sealed and preserved by great lava flow for perhaps seventy centuries is now being excavated in Mexico. *National Geographic Magazine* **40**: 203-220.
- CUMMINGS, B., 1926. Cuicuilco and the Archaic culture of Mexico. *Scientific Monthly*, **23**: 289-304.
- CUMMINGS, B., 1933. Cuicuilco and the Archaic culture of Mexico. *University of Arizona Bulletin*, **4**: 56 p.
- DE TERRA, H., 1951. Comments on radiocarbon dates from Mexico. *Memoirs of the Society for American Archaeology* No. **8**: 33-36.

- DR. ATL, 1950. Como nace y crece un volcán. El Parícutin. Editorial Stylo, México, D.F., 152 p.
- GADOW, H., 1930. Jorullo. The history of the volcano of Jorullo and the reclamation of the devastated district by animals and plants. Cambridge University Press, 100 p.
- LIBBY, W. F., 1955. Radiocarbon dating. University of Chicago Press, 2nd Edition.
- LUHR, J. F., AND SIMKIN, T., 1993. Parícutín, the volcano born in a cornfield, Geosciences Press, Phoenix, AZ, 427 pp.
- MULLER, F., 1990. La cerámica de Cuicuilco B. Un rescate arqueológico. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Colección Científica, Serie Arqueología No. 186, 285 p.
- NOLAN, M. L., 1979. Impact of Parícutin on five communities. P.p. 293-338. En: Sheets, P.D., and Grayson, K.D. (Eds.): Volcanic Activity and Human Ecology. Academic Press.
- ORDÓÑEZ, E., 1947. El Volcán de Parícutin. Editorial Fantasía, México, D.F., 181 p.
- PIÑA-CHAN, R., 1967. Un complejo Coyotlatelco en Coyoacán, México, D.F. *Anales de Antropología* **4**:141-160.
- REES, J. D., 1979. Effects of the eruption of Parícutin volcano on landforms, vegetation, and human occupancy. P.p. 249-292. En: Sheets, P.D., and Grayson, K.D. (Eds.): Volcanic Activity and Human Ecology. Academic Press.
- SIEBE, C., 2000. Age and archaeological implications of Xitle volcano, southwestern basin of Mexico-City: *J. Volcanol. Geotherm. Res.* **104**: 45-64.
- SIEBE, C., RODRÍGUEZ-LARA, V., SCHAAF, P. Y ABRAMS, M., 2004a. Radiocarbon ages of Holocene Pelado, Guespalapa, and Chichinautzin scoria cones, south of Mexico-City: implications for archaeology and future hazards. *Bull. Volcanol.* **66**: 203-225.
- SIEBE, C., RODRÍGUEZ-LARA, V., SCHAAF, P. Y ABRAMS, M., 2004b. Geochemistry, Sr-Nd isotope composition, and tectonic setting of Holocene Pelado, Guespalapa, and Chichinautzin scoria cones, south of Mexico-City. *J. Volcanol. Geoth. Res.*, V. **130**: 197-226.
- SIEBE, C., ARANA-SALINAS, L. Y ABRAMS, M., 2005. Geology and radiocarbon ages of Tláloc, Tlaco-tenco, Cuauhtzin, Hijo del Cuauhtzin, Teuhtli, and Ocusacayo monogenetic volcanoes in the central part of the Sierra Chichinautzin, México. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* **141**: 225-243.
- SIEBE, C. Y MACÍAS, J. L., 2006. Volcanic hazards in the Mexico City metropolitan area from eruptions at Popocatepetl, Nevado de Toluca, and Jocotitlán stratovolcanoes and monogenetic scoria cones in the Sierra Chichinautzin Volcanic Field. P.p. 253-329. En: Siebe, C., Macías, J. L., and Aguirre, G. (Eds.): Neogene-Quaternary continental margin volcanism: a perspective from Mexico. Geological Society of America Special Paper No. 402 Boulder, Colorado.

Servicios ecosistémicos

Mariana Nava-López, Julieta Jujnovsky, Rubén Salinas-Galicia, Javier Álvarez-Sánchez y Lucia Almeida-Leñero

Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,

Universidad Nacional Autónoma de México

mehua78@gmail.com

Introducción

Los seres humanos han transformado al planeta a tasas muy aceleradas, sobre todo durante la segunda mitad del siglo pasado (Balvanera y Cotler, 2007), introduciendo cambios sin precedentes en los ecosistemas con el fin de satisfacer la creciente demanda de servicios indispensables para el mejoramiento de la vida de millones de personas. Lamentablemente, esta demanda cada vez mayor, acompañada de procesos como la deforestación, el cambio climático, la desertificación y el crecimiento de la población, han puesto en riesgo a los ecosistemas (Rozzi *et al.*, 2001) reduciendo su capacidad de sustentar condiciones adecuadas de vida a generaciones futuras (MEA, 2005).

Este fenómeno se puede apreciar con mayor frecuencia en aquellas ciudades que han experimentado un crecimiento acelerado de la mancha urbana, como la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), la cual presenta una alta dependencia para el abasto de servicios. A pesar de ello, la ZMCM todavía cuenta con importantes áreas naturales como la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), la cual proporciona servicios ecosistémicos a la población capitalina.

Los servicios ecosistémicos son todos aquellos beneficios, tanto tangibles como intangibles, que las poblaciones humanas obtienen de los ecosistemas naturales o transformados (MEA, 2003). Estos constituyen uno de los factores determinantes en la formación y estableci-

miento de las sociedades humanas que garantizan el bienestar social (GEF-UNEP, 1999). En ausencia de servicios ecosistémicos, la vida como la conocemos dejaría de existir y por ello, el valor que tienen es incuestionable (Daily *et al.*, 1997).

Los servicios ecosistémicos se clasifican en (1) servicios de provisión, (2) de regulación, (3) culturales y (4) de soporte (MEA, 2003).

Los servicios ecosistémicos que proporciona la REPSA a la ciudad no han sido completamente reconocidos ni evaluados. Sin embargo, desde el siglo xix la Reserva ha sido objeto de diversos estudios que permiten visualizar que se trata de un ecosistema de gran importancia, sobre todo como refugio para la biodiversidad, con elevadas perspectivas para la educación ambiental y la investigación científica, que ofrece un paisaje estético y un área de recreación (Cano-Santana *et al.*, 2006).

El objetivo de este capítulo es hacer un análisis general de los servicios ecosistémicos que la REPSA proporciona.

Hasta el momento y con base en la información generada en el último siglo, en este trabajo se reconoce que esta Reserva ofrece cinco servicios de provisión, tres de regulación, cuatro culturales y tres de soporte (Fig. 1).

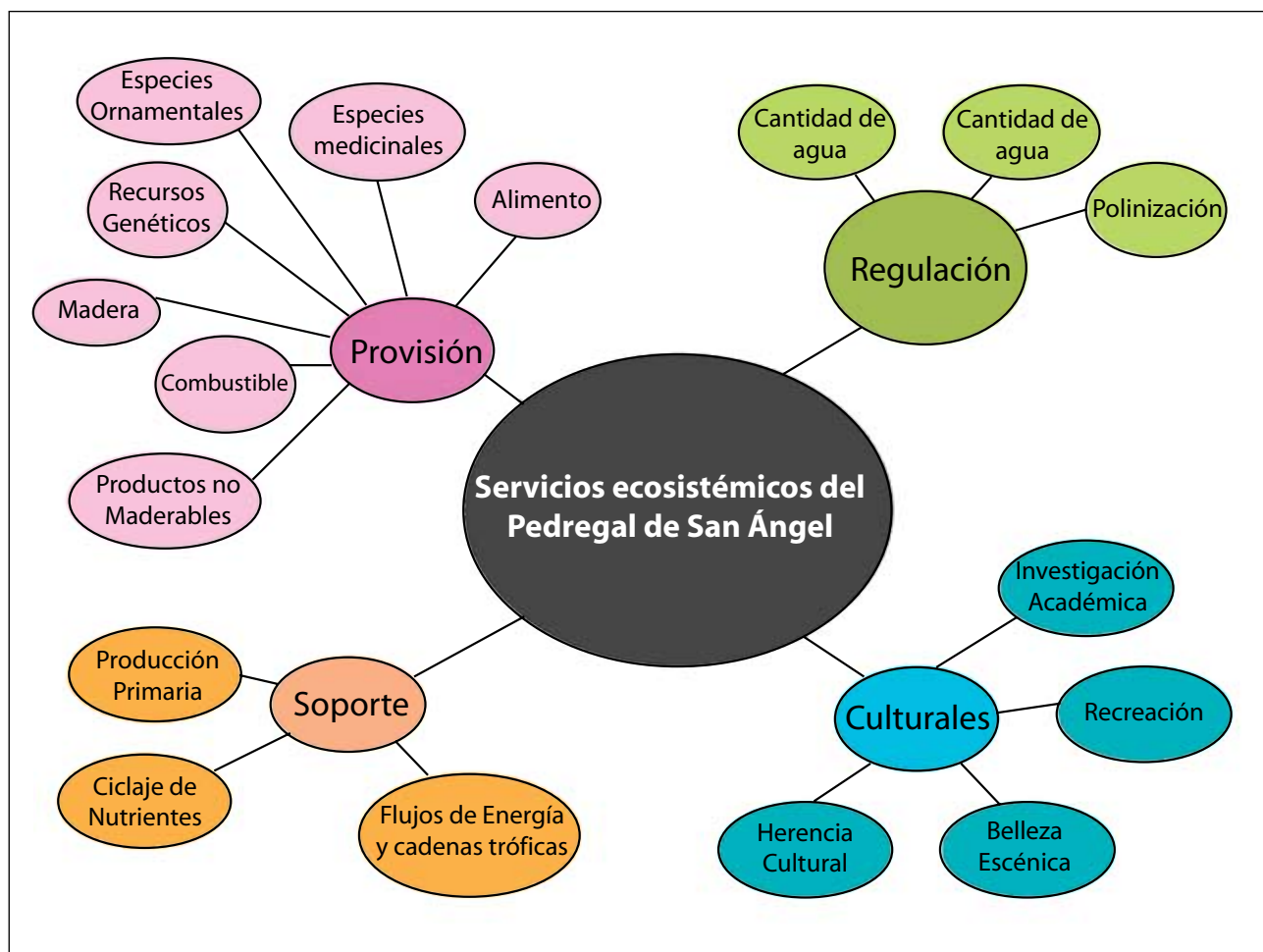


FIG. 1. Servicios ecosistémicos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

Servicios de provisión

Recursos genéticos

La REPSA alberga una gran cantidad de recursos genéticos representados en su alta biodiversidad (Fig. 2). La zona es una de las últimas muestras de vegetación natural dentro de la cuenca de México (Rojo, 1994), representando uno de los últimos refugios de especies dentro de la ZMCM. Se han registrado 337 especies de plantas vasculares, pertenecientes a 74 familias y 193 géneros (Castillo-Argüero *et al.*, 2004). La familia con mayor número de especies (74) es Asteraceae (Castillo-Argüero *et al.*, 2007); también se han registrado 22 espe-

cies de orquídeas, entre las que destacan *Bletia urbana* Dressler y *Galeotiella sarcoglossa* Lindl., por ser especies amenazadas y sujetas a protección especial de acuerdo a la NOM-059-ECOL-2001, respectivamente (Flores Villanueva, 2006). Asimismo, se han reconocido 25 especies, seis géneros y tres familias de hongos micorrizógenos arbusculares (Hernández-Cuevas *et al.*, 2003), así como 45 especies de hongos macromicetos (Herrera *et al.*, 2006).

Por otra parte, se han encontrado 37 especies de mamíferos, entre ellas 12 de murciélagos y 16 de roedores; se han descrito 106 especies de aves que representan el 41% de la avifauna del Distrito Federal; además se han hallado tres especies de anfibios, tres



FIG. 2. Recursos genéticos en la Reserva del Pedregal. a) *Mammillaria magnimamma* Haw. b) *Phlebodium areolatum* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) J. Sm. c) *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck. d) *Opuntia tomentosa* Salm-Dyck. e) *Astrolepis sinuata* D.M. Benham & Windham y flor de *Zephyrantes sessilis*.

de lagartijas, seis de culebras y la serpiente de cascabel (Rojo y Rodríguez, 2002). Asimismo, este sitio se ha reconocido por ser un refugio muy importante para cientos de especies de artrópodos (Rueda-Salazar y Cano-Santana, en este volumen).

Especies ornamentales

En la Reserva habitan muchas especies que son apreciadas por su valor ornamental, como *Mammillaria discolor* Haw., *M. sanangelensis* Sánchez-Mejorada (especie que además es endémica), *Dahlia coccinea* Cav., *Echeveria gibbiflora* DC., *Verbesina virgata* Cav., *Zephyrantes sessilis* Herb., *Muhlenbergia virletii* E. Fourn. y *Bletia urbana* Dressler, entre otras (Panti-Madero, 1984; Carrillo, 1995; Rojo y Rodríguez, 2002;).

Especies medicinales

Se ha encontrado una gran cantidad de especies a las cuales se les atribuyen propiedades medicinales, como por ejemplo (ver Mera *et al.*, 2002; Rojo y Rodríguez, 2002): *Selaginella pallescens* (Presl.) Spring., *Begonia gracilis* H.B.K., *Tecoma stans* H.B.K. (como tratamiento para la diabetes), *Montanoa tomentosa* Cervant. (que facilita el parto, estimula la menstruación y es abortiva), *Senecio praecox* DC. (usado para reumatismo y heridas), *Tigridia pavonia* (L.F) D.C. (para curar la fiebre y es abortiva) y *Datura stramonium* L. (narcótico). *Bouvardia ternifolia* (Cav.) Schlecht, por su parte, es una planta que ha sido utilizada para la disentería, la rabia, tos y cólicos.

Madera

Rzedowski (1954) mencionaba que “a pesar del pastoreo, de la quema de pastos y de la tala, aún se conservaban grandes extensiones del Pedregal casi sin modificar”. De lo que se deduce que el Pedregal proveía de pastos, así como de productos maderables. Es importante considerar que para entonces el Pedregal era un continuo en un gradiente altitudinal, desde el pueblo de San Ángel hasta las faldas del Ajusco, en cuyas zonas de mayor altitud se encontraban (y encuentran aún) bosques de encino y de pino. Algunas personas, todavía recurren a las zonas del Pedregal para obtener leña, forraje, alimento y plantas de ornato (Cano-Santana *et al.*, 1996; ver Damián-Domínguez *et al.*, en este volumen).

Otros productos

En los depósitos de lava que presenta la REPSA (Fig. 3), existen canteras que a principios del siglo pasado suministraron piedra para la construcción de casi todos los edificios de la capital de la República (Gamio, 1929). A su vez, la extracción de este recurso fue muy importante para la construcción de Ciudad Universitaria (Carrillo, 1995).

Alimento

En la década de 1950, todavía se observaban, en las zonas planas y con mejor formación de suelo, distintos cultivos como: maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), chícharo (*Pisum sativum* L.), haba (*Vicia faba* L.), avena (*Avena sativa* L.), maguey (*Agave* sp.) y clavel (*Dianthus* sp.) (Rzedowski, 1954).



FIG. 3. Basalto en la Reserva del Pedregal.

Servicios de regulación

Regulación de la cantidad y calidad de agua

Se conocen cuatro manantiales y varios cuerpos de agua en la Cantera Oriente, sin embargo no hay estudios del flujo hidrológico que permitan obtener la trayectoria del agua, es decir, de dónde proviene y a dónde se dirige. Sin embargo, se ha podido observar que la calidad del agua no es buena para el consumo humano puesto que se han encontrado bacterias y algas indicadoras de contaminación sugiriendo la presencia de desechos urbanos (H. Novelo, com. pers.).

Por otro lado, el sustrato de roca basáltica del pedregal tiene un grado de permeabilidad de medio a alto, lo que permite inferir que esta área puede ser una zona de recarga para los mantos freáticos.

Polinización

En la Reserva existen muchas especies polinizadoras, como artrópodos, aves y murciélagos. El 96% de las especies de abejas son colectoras de polen; ellas visitan 62 especies de plantas con flores, principalmente de la familia Asteraceae, siendo *Dahlia coccinea* Cav., *Reseda luteola* L. y *Verbesina virgata* Cav. las más visitadas (Hinojosa, 1996). Se ha observado que las flores del amole *Manfreda brachystachya* (Cav.) Rose, también es polinizada por el murciélago *Leptonycteris curasoae* (Carrillo, 1995). *Echeveria gibbiflora* DC., una crasulácea abundante en el pedregal, es polinizada casi exclusivamente por el colibrí *Cyanthus latirostris* (Parra, 1988).

Regulación del clima

El ecosistema de Pedregal puede funcionar como un importante regulador microclimático, ya que es un dissipador de calor y fuente de humedad en la estación de lluvias cuando el clima es cálido, y viceversa en la estación seca cuando el clima es frío. Barradas *et al.* (1999) realizaron un estudio acerca del balance energético en relación a la regulación climática y su importancia para la ciudad de México como área verde urbana. La temperatura máxima que registraron en el Pedregal fue de 26°C en la estación lluviosa y 29.5°C en la estación seca;

asimismo, la humedad relativa mínima registrada fue de 14.2% en secas y 24.5% en la estación de lluvias.

Servicios culturales

Herencia cultural

Las evidencias históricas dejadas por el hombre, en donde se distinguen los petrograbados y otros objetos arqueológicos, muestran que el Pedregal ha sido un lugar importante de culto (Robles, 1994). A principios del siglo xx, Gamio (1929) menciona que se habían encontrado una gran cantidad de vestigios arqueológicos en las canteras de Copilco, los cuales, de manera general, este autor podía clasificar en sepulcros, pavimentos e hileras de piedra, y objetos de barro. En aquel entonces, se pensaba que la cultura Arcaica del Pedregal, como se denominó a la civilización que habitó en este lugar, era la más antigua del Valle de México, y quizá de toda la República. Dentro de la REPSA existen todavía montículos de roca basáltica que merecen ser valorados desde el punto de vista arqueológico (Z. Cano-Santana, com. pers.).

Belleza escénica

La Reserva también ha servido como fuente de inspiración por la imagen paisajística que se puede encontrar en ella (Fig. 4), tal como lo demuestran las fotografías de Armando Salas Portugal (UNAM-IEE, 2000), así como algunas pinturas de Gerardo Murillo, el Dr. Atl. Otros pintores, arquitectos y poetas contemporáneos que compartieron su asombro en el paisaje que inspiró parte de sus ideas y obras fueron Diego Rivera, Juan O'Gorman, Carlos Pellicer y Luis Barragán (Lot, 2007).

Investigación científica

El Pedregal de San Ángel ha sido objeto de estudio al menos desde 1787 con botánicos de la Real Expedición de Historia Natural de la Nueva España, así como otros expedicionarios botánicos como Paul Moury y Joseph N. Rose a lo largo de los siglos xviii, xix y principios del xx (Rzedowski, 2001). Sin embargo, el trabajo más importante de la vegetación del Pedregal ha sido el realizado por Rzedowski (1954) sobre la flora. Por otra parte, en el sistema de tesis de la UNAM, TESIUNAM, se encuen-

tran registrados 86 títulos de tesis referentes al Pedregal de San Ángel, la mayoría de los cuales tienen que ver con aspectos florísticos y ecológicos, sin embargo, también se pueden encontrar otros temas, tales como arquitectura del paisaje, ingeniería y geología; asimismo en la base de datos del Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias *Periodica* se pueden encontrar 20 artículos científicos.

Recreación

Dentro y en los alrededores de la Reserva se encuentran espacios culturales muy importantes como lo es el espacio escultórico de la UNAM y toda la zona cultural de Ciudad Universitaria, donde se llevan a cabo diversas actividades tales como el teatro, el cine, la danza y la música, así como la divulgación de la ciencia. Estos es-

pacios se encuentran abiertos a la comunidad universitaria y a toda la población en general, por lo que son de gran importancia para el esparcimiento y la cultura de la población de toda la ciudad. Es importante destacar que recientemente Ciudad Universitaria, asentada en la zona del Pedregal, fue decretada por la UNESCO como Patrimonio Cultural de la Humanidad (Fig. 5).

Servicios de soporte

Producción primaria

La producción primaria neta aérea (PPNA) en la zona de estudio se ha calculado en $636 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, siendo sólo cuatro especies las que contribuyen con el 52.2% de la PPNA: *Verbesina virgata* Cav., *Muhlenbergia robusta*



FIG. 4. Espacio Escultórico de la Zona Cultural de Ciudad Universitaria. Fotografía de Carlos Dobler Morales

Hitchc., *Buddleia cordata* H.B.K. y *Dahlia coccinea* Cav. (Cano-Santana, 1994a). Suponiendo que las tendencias sean similares en la parte aérea y subterránea de las plantas, se estima que la PPN total del Pedregal de San Ángel sería de $1074 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ (Cano-Santana, 1994b).

Descomposición

Estudios realizados sobre la descomposición de las cuatro especies más importantes de la Reserva, de acuerdo a la PPNA, demostraron que el material mixto compuesto por estas especies se reduce un 51.1% al cabo de un año, lo cual sugiere que se acumula mucho material vegetal en el mantillo, siendo *V. virgata* Cav. la que presenta tasas de descomposición más altas (Arango Galván, 2006). Cabe señalar que hasta el momento, no se han realizado estudios de almacenes y ciclo de nutrientes en la Reserva.

Flujos de energía y cadenas tróficas

Se ha observado que el Pedregal sostiene cuatro niveles tróficos como máximo, sin contar a los desintegradores, y que muchas de sus especies importantes son omnívoras; probablemente el herbívoro más importante es el chapulín *Sphenarium purpurascens* (Cano-Santana, 1994b). Asimismo, *Senecio praecox* DC., que da el nombre a la asociación vegetal del lugar (*Senecionetum praecocis*), sostiene once especies de insectos herbívoros (Cano-Santana, 1994b).

Conclusiones

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel es un refugio de biodiversidad dentro de la segunda megalópolis más grande del mundo. A pesar de que su extensión se ha reducido considerablemente en los últimos 50 años, el Pedregal aún es una zona que brinda muchos servicios ecosistémicos a los habitantes sobre todo del sur de la ZMCM.

Los estudios de vegetación y ecología son los temas más frecuentes, sin embargo, hasta la década pasada, estos estudios no habían considerado el enfoque holístico de manejo de ecosistemas (Soberón *et al.*, 1991). Este enfoque sistémico que parte del axioma de que “el todo es más que la suma de sus partes” plantea que el problema



FIG. 5. Ciudad Universitaria (construida en gran parte con el basalto del Pedregal) declarada como Patrimonio Cultural de la Humanidad.

de manejar a la naturaleza no se reduce a la utilización de unas cuantas especies, sino al ecosistema en su conjunto, considerando todos sus componentes bióticos y abióticos e incluyendo a los servicios ecosistémicos que se derivan de las interacciones entre dichos componentes (MA, 2003; Castillo *et al.*, 2005).

Es por ello que día con día se ha vuelto más importante la conceptualización e identificación de los servicios ecosistémicos que proporcionan las áreas verdes, sobre todo aquellas inmersas en grandes ciudades. A esta primera aproximación sobre los servicios ecosistémicos que la REPSA ha brindado a lo largo del tiempo, hay que añadir como uno de los más destacados al servicio de

investigación científica, ya que ha dado la oportunidad de que muchos estudiantes e investigadores realicen sus prácticas, tesis e investigaciones en la zona.

Lamentablemente aún faltan por evaluar muchos servicios como los acervos de nutrientes, los cuales son indispensables para el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos y la fertilidad del suelo; así como la descripción de los servicios hidrológicos que indique cuál es la captación de agua y en qué medida contribuye con la recarga del acuífero. A su vez, falta por evaluar el servicio de purificación del aire, el cual arrojaría información básica para saber qué tanto contribuye la

REPSA en el almacenamiento de CO₂ atmosférico, así como en la producción de oxígeno para los habitantes del sur de la ZMCM.

Por lo anterior, es necesario profundizar en el estudio de los servicios ecosistémicos, teniendo en cuenta que existe una estrecha relación entre éstos y el bienestar humano (MA, 2003). Por lo tanto, para mejorar y mantener la calidad de vida de los habitantes del sur de la ciudad, es fundamental que se generen propuestas de manejo que garanticen el mantenimiento de los servicios así como la difusión de su importancia.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Kurt Unger por la edición del texto y las figuras. Asimismo, al Dr. Eberto Novelo, por la información acerca de los cuerpos de agua. Las fotos fueron tomadas por Rubén Salinas-Galicia.

Literatura citada

- ARANGO GALVÁN, A. 2006. Heterogeneidad espacial y dinámica de la descomposición de hojarasca de cuatro especies abundantes en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BARRADAS, V., A. TEJEDA-MARTÍNEZ, E. JÁUREGUI. 1999. Energy balance measurements in a suburban vegetated area in Mexico City. *Atmospheric Environment*, **33**: 4109-4113.
- BALVANERA, P. Y H. COTLER. 2007. Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta Ecológica (No. especial)*, **84-85**: 8-15.
- CANO-SANTANA, Z. 1994a. Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófila. Tesis Doctoral. Centro de Ecología/ Unidad Académica de los ciclos Profesional y de Posgrado del C.C.H., Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z. 1994b. La Reserva del Pedregal como ecosistema: Estructura trófica. Pp. 149-158, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z. 1996. La vida y el hombre en el Pedregal de San Ángel. *Ciencia y desarrollo* **22(131)**: 81-82.
- CANO-SANTANA, Z., I. PISANTY, S. SEGURA, P. E. MENDOZA-HERNÁNDEZ, R. LEÓN-RICO, J. SOBERÓN, E. TOVAR, E. MARTÍNEZ-ROMERO, L. DEL CARMEN RUIZ Y A. MARTÍNEZ. 2006. Ecología, conservación, restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del Pedregal del Xitle. Pp. 203-226, en: Oyama, K. y A. Castillo (coords.). Manejo, conservación y restauración de los recursos naturales en México. Perspectiva desde la investigación científica. Universidad Nacional Autónoma de México y Siglo XXI, México.
- CARRILLO, C. 1995. El Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTILLO, A., M. A. MAGAÑA, A. PUJADAS, L. MARTÍNEZ Y C. GODÍNEZ. 2005. Understanding rural people interaction with ecosystems: a case study in a tropical dry forest of Mexico. *Ecosystems*, **8**: 1-3.

- CASTILLO-ARGÜERO, S., P. GADARCA, Y. MARTÍNEZ OREA, P. E. MENDOZA HERNÁNDEZ, O. NÚÑEZ CASTILLO, M. A. ROMERO ROMERO E I. SÁNCHEZ GALLÉN. 2002. Diásporas del Pedregal de San Ángel. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTILLO-ARGÜERO, S., G. MONTES-CARTAS, M. A. ROMERO-ROMERO, Y. MARTÍNEZ-OREA, P. GAU-DARRAMA-CHÁVEZ, I. SÁNCHEZ GALLÉN Y O. NÚÑEZ CASTILLO. 2004. Dinámica y Conservación del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **74**: 51-75.
- CASTILLO-ARGÜERO, S., Y. MARTÍNEZ OREA, M. A. ROMERO ROMERO, P. GUADARRAMA CHÁVEZ, O. NÚÑEZ CASTILLO, I. SÁNCHEZ GALLÉN Y J. A. MEAVE. 2007. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Aspectos florísticos y ecológicos. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- DAILY, G., ALEXANDER, S., EHRLICH, P., GOULDER, L., LUBCHENCO, J., MATSON, P., MOONEY, H., POSTEL, S., SHNEIDER, S., TILMAN, D. Y WOODWELL, G. 1997. Ecosystems services: Benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology*, **2**: 1-16.
- FLORES VILLANUEVA, L. 2006. Contribución al estudio de la familia Orchidaceae en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y en algunas zonas perturbadas por la urbanización de la Ciudad Universitaria, UNAM, México, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GAMIO, M. 1929. Las excavaciones del Pedregal de San Ángel y la cultura Arcaica del Valle de México. Publicaciones de la SEP, Tomo XXII, Número 2, México. 21 pp.
- GEF-UNEP. 1999. Technical advisory panel of the Global Environment Facility-United Nations Environment Program. Report of Biodiversity Conservation in Managed Forest, México.
- HERNÁNDEZ-CUEVAS, L., S. CASTILLO ARGÜERO, P. GUADARRAMA CHÁVEZ, Y. MARTÍNEZ OREA, M. A. ROMERO ROMERO E. I. SÁNCHEZ GALLÉN. 2003. Hongos micorrizógenos arbusculares del Pedregal de San Ángel. Las prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- HERRERA, T., E. PÉREZ-SILVA Y V. VALENZUELA. 2006. Nueva contribución al conocimiento de los macromicetos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F., México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **77**: 51-57.
- HINOJOSA, I. 1996. Estudio faunístico de las abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) del Pedregal de San Ángel, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- LOT, A. 2007. Mirar para entender el paisaje del Pedregal. *Gaceta UNAM*, 7 de mayo de 2007: 9.
- MEA, MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2003. Ecosystem and Human Well-being: A Framework for Assessment. Island Press, Washington. Consultado en: <www.millenniumassessment.org>
- MERA, L. M., M. A. ZÁRATE AQUINO Y Y. SANDOVAL AGUILAR. 2002. El herbarium del Pedregal de San Ángel. *Ciencias*, **67**: 42-43.
- PANTI-MADERO, M. 1984. Contribución al conocimiento del Pedregal de San Ángel sobre el problema de su flora y conservación. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- PARRA, V. P. 1988. Ecología de la polinización en una población de *Echeveria gibbiflora* DC en el Pedregal de San Ángel, C.V. México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ROBLES, A. 1994. Geografía cultural e histórica del Pedregal. Pp. 223-240, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ROJO, 1994. Plan de Manejo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Pp. 371-382, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ROJO, A. Y J. RODRÍGUEZ. 2002. La flora del Pedregal de San Ángel. INE-SEMARNAT, México.
- ROZZI, R., R. PRIMACK, P. FEINSINGER, R. DIRZO Y F. MASSARDO. 2001. ¿Qué es la biología de la conservación? Pp. 45-58, en: Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo (eds.). Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latino-americanas. Fondo de Cultura Económica, México

- RZEDOWSKI, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México*, **8**: 59-129.
- RZEDOWSKI, J. 2001. Breve reseña de la exploración botánica del Valle de México. Pp. 5-8, en: Rzedowski, G.C. de y J. Rzedowski (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, México.
- SOBERÓN, J., M. DE LA CRUZ Y G. JIMÉNEZ. 1991. Ecología hipotética de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. *Ciencia y Desarrollo*, **99**: 25-38.
- UNAM-IIE. 2000. Armando Salas Portugal. El Pedregal de San Ángel: exposición fotográfica. UNAM-Dirección General de Divulgación-Instituto de Investigaciones Estéticas, México.

DIVERSIDAD BIOLÓGICA E INVENTARIOS



Fritilaria

Dione juno huascuma

Cosmos

Cosmos bipinnatus

Diversidad de los protozoos ciliados

Ma. Antonieta Aladro Lubel, Margarita Reyes Santos y Fernando Olvera Bautista.
Laboratorio de Protozoología, Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Autónoma de México
maal@hp.fciencias.unam.mx

Introducción

Los ciliados son protozoos caracterizados por presentar cilios por lo menos en una etapa de su ciclo de vida, por exhibir dualismo nuclear y llevar a cabo el proceso sexual conocido como conjugación. Son considerados como el grupo de protozoos más homogéneo, por lo que su monofilia es ampliamente reconocida.

De las aproximadamente 8000 especies de ciliados conocidas hasta la fecha, las dos terceras partes son de vida libre, con una amplia distribución mundial en cualquier hábitat donde el agua se encuentre acumulada y sus recursos alimentarios estén presentes, siendo estos dos factores determinantes en su supervivencia, así como el número de especies en una localidad. Los ciliados son muy comunes en el plancton y en el bentos marino, de aguas dulces y salobres, así como en el suelo y en ambientes extremos, tales como las aguas termales y las aguas frías del Antártico y Ártico (Lynn, 2001). El papel que desempeñan los ciliados en el funcionamiento de los ecosistemas es clave, pues están vinculados al flujo de energía y los ciclos de los nutrientes (Anderson, 1987).

Los cuerpos de agua de la Cantera Oriente de Ciudad Universitaria, constituyen sitios ideales para observar la gran diversidad de protozoos que habitan en la columna de agua y en los sedimentos, así como la asociación que presentan con las diferentes especies de algas, plantas acuáticas (Aladro-Lubel *et al.*, 2007) y animales presentes en el lugar.

Muchas de las especies de protozoos que se encuentran en el medio acuático también se pueden encontrar en el suelo, especialmente si existe cierta humedad. Hay especies que carecen de una superficie protectora y dependen de una humedad relativa en el medio para poder alimentarse y crecer. Sin embargo, un buen número de protozoos son capaces de formar un quiste durante la época de secas o bajo condiciones desfavorables. En general, se ha estimado que el grosor mínimo de la película de agua que se requiere para que pueda darse la actividad de los protozoos es de 3 μm , ya que por debajo de este límite, éstos mueren o se enquistan (Alabouvette *et al.*, 1981).

El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer la diversidad de los protozoos ciliados, tanto libres nadadores como sésiles, identificados en varios sitios de los estanques de la Cantera Oriente, que constituye la Zona de Amortiguamiento A 3 de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Este estudio también puede servir como referencia para futuras investigaciones que se lleven a cabo en otros sitios de la Reserva Ecológica, con las condiciones de humedad anteriormente señaladas.

Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo durante varios meses de 2006 y 2007.

Se recolectaron muestras de agua y sedimento de diferentes sitios de La Cantera, entre los que se cuentan los canales (Fig. 1), los bordes de las comunidades de



FIG. 1. Vista de un canal de la Cantera Oriente.

Typha latifolia, los sitios en los que estaba presente la fanerógama *Stuckenia pectinata* (Potamogetonaceae) y en los que se presentaba el alga *Oedogonium* sp.

Se siguieron las técnicas de recolección de las muestras en el campo, de mantenimiento y de cultivo en el laboratorio descritas en Aladro-Lubel *et al.* (2007).

De manera complementaria se inició un estudio sobre la comunidad de ciliados sésiles, para lo cual se colocaron bajo el agua tiras de plástico (Aladro-Lubel y Martínez-Murillo, 1999) y portaobjetos como sustratos artificiales. A las tiras de plástico se les adhirió un cordel delgado el cual se sujetó a dos estructuras fijas en el estanque, mientras los portaobjetos se colocaron verticalmente, clavándolos por uno de sus extremos sobre una tabla de poliuretano. Una vez que estas estructuras estuvieron sumergidas, cada tres días durante un mes, se extrajo una porción de la tira y un portaobjetos. Estos sustratos artificiales se colocaron en una caja de Petri con agua del medio para su transporte.

En el laboratorio se analizaron bajo el microscopio óptico con contraste de fases y contraste diferencial

de interferencia (DIC). Se realizaron algunas técnicas micrográficas (nigrosina-cloruro de mercurio-formol, hematoxilina, tricómica y la argéntica en seco) (Lee *et al.*, 1985), para resaltar varias estructuras que nos permiten identificar a las diferentes especies de ciliados. El registro microfotográfico se realizó con la cámara Nikon Digital Sight DS-2MV[®] adaptada al microscopio Nikon Labophot-2[®]

Resultados

Se registró un total de 75 especies de ciliados en los diferentes cuerpos de agua de la Cantera Oriente, las cuales pertenecen a 53 géneros, 39 familias, 22 órdenes, 11 subclases, ocho clases y dos subphyla. Del número total de especies de ciliados encontradas, nueve de ellas fueron determinadas sólo a nivel de género.

De acuerdo con su forma de vida, los ciliados observados, corresponden a dos grupos: los libres nadadores (Fig. 2) y los sésiles (por lo menos en una parte de su ciclo de vida) (Fig. 3). El 60% de las especies observadas pertenece al primer grupo, y el 40% restante a los sésiles.

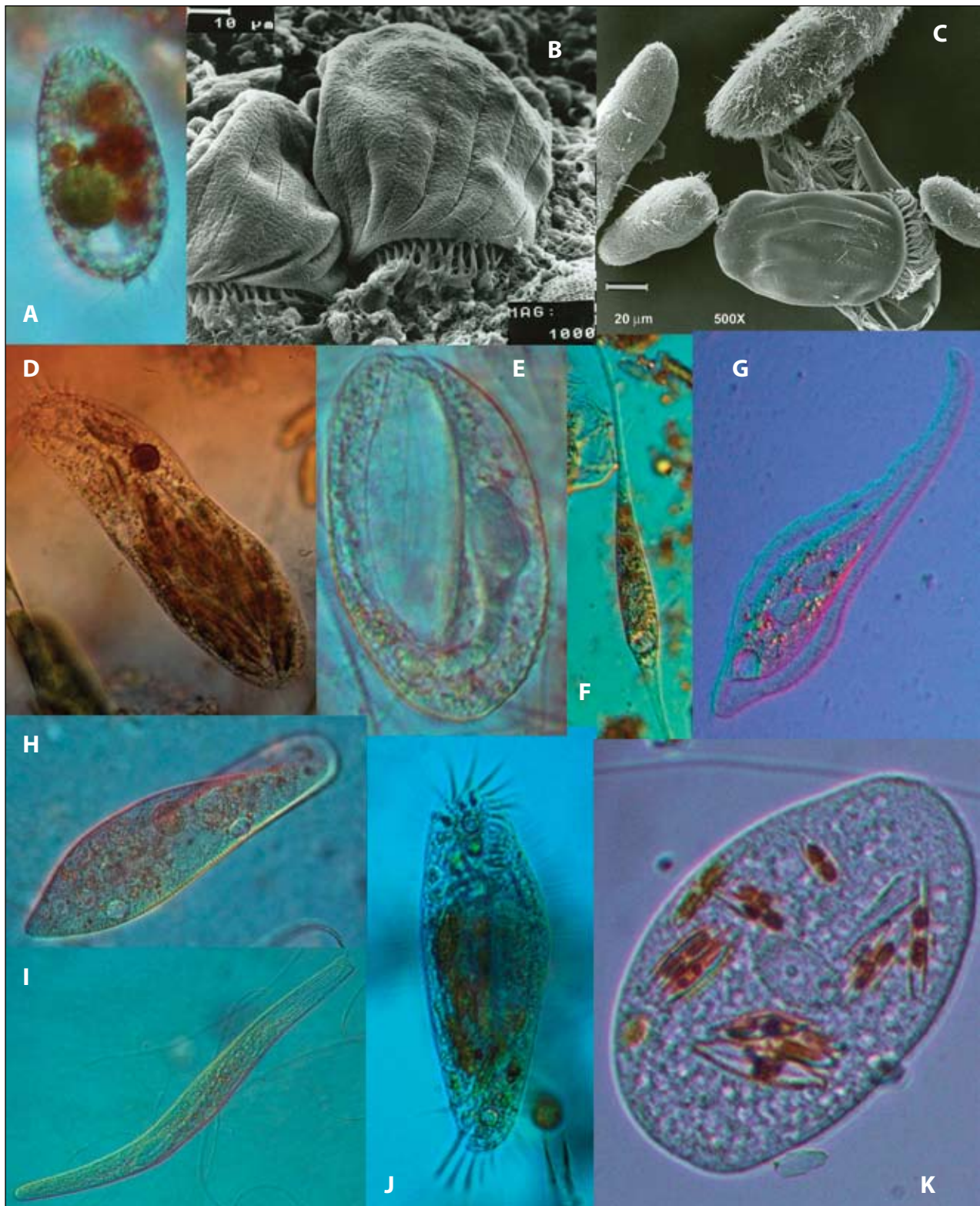


FIG. 2. Ciliados libres nadadores (40x). Se señala con un asterisco las micrografías electrónicas de barrido.
 A) *Coleps hirtus* B) *Euplotes eurystomus** C) *Euplotes-Paramecium** D) *Holosticha monilata* E) *Lembadion lucens* F) *Litonotus cygnus*
 G) *Loxophyllum helus* H) *Paramecium caudatum* I) *Spirostomum teres* J) *Tachysoma pellionellum* K) *Trithigmostoma cucullulus*

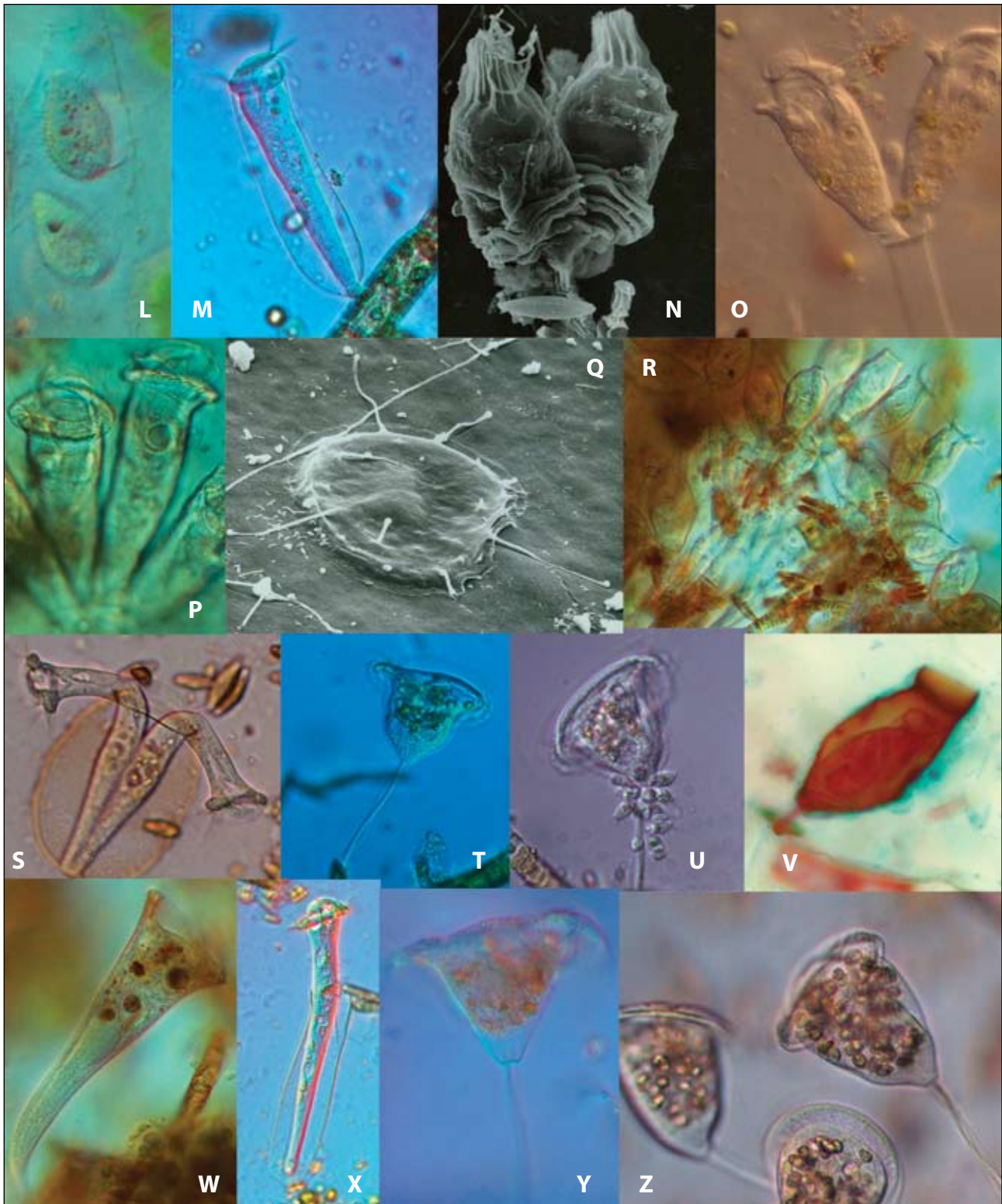


FIG. 3. Ciliados sésiles epibiontes (40x). Se señala con asterisco las micrografías electrónicas de barrido.
 L) *Calyptotricha pleuronemoides* M) *Cothurnia annulata* N) *Epistylis entzii** O) *Epistylis entzii* P) *Epistylis plicatilis* Q) *Heliophrya minima**
 R) *Opercularia* sp. S) *Platycola decumbens* T) *Pseudovorticella chlamyphora* U) *Pseudovorticella monilata* V) *Pyxicola annulata* W) *Stentor igneus*
 X) *Thuricola folliculata* Y) *Vorticella campanula* Z) *Vorticella chlorellata*

Se determinaron 15 nuevos registros para México (Aladro-Lubel *et al.*, 2007), los cuales aparecen con un asterisco en la lista taxonómica que se presenta a continuación. En dicha lista se señala con ☐ a los ciliados libres nadadores y con ▲ a los sésiles. La lista sigue la clasificación de Lynn y Small (2000).

Phylum **CILIOPHORA** Doflein, 1901
 Subphylum **POSTCILIODESMATOPHORA** Gerassimova & Seravin, 1976
 Clase Karyorelictea Corliss, 1974
 Orden Loxodida Jankowski en Small & Lynn, 1985
 Familia Loxodidae Bütschli, 1889
 Loxodes sp. ☐
 Clase Heterotrichea Stein, 1859
 Orden Heterotrichida Stein, 1859
 Familia Blepharismidae Jankowski en Small & Lynn, 1985
 Blepharisma americanum (Suzuki, 1954) ☐
 Familia Spirostomidae Stein, 1867
 Spirostomum minus (Roux, 1901) ☐
 Spirostomum teres Claparède & Lachmann, 1858 ☐
 Familia Stentoridae Carus, 1863
 Stentor coeruleus (Pallas, 1766) ▲
 Stentor igneus Ehrenberg, 1838 ▲
 Stentor polymorphus (Müller, 1773) ▲
 Subphylum **INTRAMACRONUCLEATA** Lynn, 1996
 Clase Spirotrichea Bütschli, 1889
 Subclase Hypotrichia Stein, 1859
 Orden Euplotida Small & Lynn, 1985
 Suborden Euplotina Small & Lynn, 1985
 Familia Aspidiscidae Ehrenberg, 1838
 Aspidisca cicada (Müller, 1786) ☐
 Aspidisca turrita (Ehrenberg, 1831) ☐
 Familia Euplotidae Ehrenberg, 1838
 Euplotes aediculatus Pierson, 1943 ☐
 Euplotes eurystomus Wrześniowski, 1870 ☐
 Euplotes trisulcatus Kahl, 1932 ☐
 Euplotes woodruffi Gaw, 1939 ☐
 Subclase Choreotrichia Small & Lynn, 1985
 Orden Choreotrichida Small & Lynn, 1985
 Suborden Strobilidiina Small & Lynn, 1985
 Familia Strobilidiidae Kahl en Doflein & Reichenow, 1929
 Strobilidium sp. ☐
 Subclase Stichotrichia Small & Lynn, 1985
 Orden Urostylida Jankowski, 1979
 Familia Urostylidae Bütschli, 1889
 **Holosticha monilata* Kahl, 1928 ☐
 Orden Sporadotrichida Fauré-Fremiet, 1961
 Familia Oxytrichidae Ehrenberg, 1838
 Oxytricha fallax Stein, 1859 ☐
 Stylonychia mytilus complejo ☐

Tachysoma pellionellum (Müller, 1773) ☐
 Subclase Oligotrichia Bütschli, 1887
 Orden Halteriida Petz & Foissner, 1992
 Familia Halteriidae Claparède & Lachmann, 1858
 Halteria grandinella (Müller, 1773) ☐
 **Pelagohalteria cirrifera* (Kahl, 1932) ☐
Sedis mutabilis en el Subphylum Intramacronucleata
 Orden Armophorida Jankowski, 1964
 Familia Metopidae Kahl, 1927
 **Brachonella spiralis* (Smith, 1897) ☐
 Metopus es (Müller, 1786) ☐
 Clase Litostomatea Small & Lynn, 1981
 Subclase Haptoria Corliss, 1974
 Orden Haptorida Corliss, 1974
 Familia Lacrymariidae de Fromentel, 1876
 Lacrymaria olor (Müller, 1786) ☐
 **Phialina sp.* ☐
 Orden Pleurostomatida Schewiakoff, 1896
 Familia Amphileptidae Bütschli, 1889
 **Amphileptus pleurosigma* (Stokes, 1884) ☐
 Familia Litonotidae Kent, 1882
 Litonotus cygnus (Müller, 1773) ☐
 Litonotus lamella (Müller, 1773) ☐
 Loxophyllum helus (Stokes, 1884) ☐
 Clase Phyllopharyngea de Puytorac *et al.*, 1974
 Subclase Phyllopharyngia de Puytorac *et al.*, 1974
 Orden Chlamyodontida Deroux, 1976
 Familia Chilodonellidae Deroux, 1970
 Chilodonella uncinata (Ehrenberg, 1838) ☐
 Trithigmostoma cucullulus (Müller, 1786) ☐
 Trithigmostoma sp. ☐
 Familia Lynchellidae Jankowski, 1968
 **Chlamydonellopsis plurivacuolata* Blatterer & Foissner, 1990 ☐
 Orden Dysteriida Deroux, 1976
 Familia Dysteriidae Claparède & Lachmann, 1858
 Trochilia minuta (Roux, 1899) ☐
 Subclase Suctorina Claparède & Lachmann, 1858
 Orden Exogenida Collin, 1912
 Familia Metacinetidae Bütschli, 1889
 Metacineteta micraster (Penard, 1914) ▲
 Familia Podophryidae Haeckel, 1866
 Podophrya fixa (Müller, 1786) ▲
 Orden Endogenida Collin, 1912
 Familia Trichophryidae Fraipont, 1878
 Heliophrya minima (Rieder, 1936) ▲
 Familia Tokophryidae Jankowski en Small & Lynn, 1985
 Tokophrya fasciculata (López-Ochoterena, 1964) ▲
 Tokophrya lemnae (Stein, 1859) ▲
 Orden Evaginogenida Jankowski en Corliss, 1979
 Familia Discophryidae Collin, 1912
 Discophrya elongata (Claparède & Lachmann, 1859) ▲
 Clase Nassophorea Small & Lynn, 1981

Orden Microthoracida Jankowski, 1967
 Familia Microthoracidae Wrzeźniowski, 1870
 **Microthorax pusillus* Engelmann, 1862 ☒

Clase Prostomatea Schewiakoff, 1896
 Orden Prostomatida Schewiakoff, 1896
 Familia Colepidae Ehrenberg, 1838
Coleps hirtus (Müller, 1786) ☒

Clase Oligohymenophorea de Puytorac *et al.*, 1974
 Subclase Peniculia Fauré-Fremiet en Corliss, 1956
 Orden Peniculida Fauré-Fremiet en Corliss, 1956
 Suborden Frontoniina Small & Lynn, 1985
 Familia Lembadionidae Jankowski en Corliss, 1979
 **Lembadion lucens* (Maskell, 1887) ☒

Familia Frontoniidae Kahl, 1926
Frontonia acuminata (Ehrenberg, 1833) ☒
Frontonia leucas (Ehrenberg, 1833) ☒

Suborden Parameciina Jankowski en Small & Lynn, 1985
 Familia Urocentridae Claparède & Lachmann, 1858
Urocentrum turbo (Müller, 1786) ☒

Familia Parameciidae Dujardin, 1840
Paramecium aurelia complejo ☒
Paramecium bursaria (Ehrenberg, 1831) ☒
Paramecium caudatum complejo ☒

Subclase Scuticociliatia Small, 1967
 Orden Philasterida Small, 1967
 Familia Cinetochilidae Perty, 1852
Cinetochilum margaritaceum (Ehrenberg, 1831) ☒

Familia Loxocephalidae Jankowski, 1964
 **Dexiotricha granulosa* (Kent, 1881) ☒

Orden Pleuronematida Fauré-Fremiet en Corliss, 1956
 Familia Calyptotrichidae Small & Lynn, 1985
 **Calyptotricha pleuronemoides* Phillips, 1882 ▲

Familia Cyclidiidae Ehrenberg, 1838
Cyclidium glaucoma Müller, 1773 ☒

Subclase Hymenostomatia Delage & Hérouard, 1896
 Orden Hymenostomatida Delage & Hérouard, 1896
 Suborden Tetrahymenina Fauré-Fremiet en Corliss, 1956
 Familia Tetrahymenidae Corliss, 1952
Tetrahymena pyriformis complejo ☒

Familia Turaniellidae Didier, 1971
Colpidium colpoda (Losana, 1829) ☒

Familia Glaucomidae Corliss, 1971
Glaucoma scintillans Ehrenberg, 1830 ☒

Subclase Peritrichia Stein, 1859
 Orden Sessilida Kahl, 1933
 Familia Vaginicolidae de Fromentel, 1874
Cothurnia annulata Stokes, 1885 ▲
Platycola decumbens (Ehrenberg, 1830) ▲
 **Pyxicola annulata* Leidy, 1882 ▲
Thuricola folliculata Kent, 1881 ▲

Familia Vorticellidae Ehrenberg, 1838
Carchesium polypinum (Linnaeus, 1758) ▲

**Haplocaulus sp.* ▲
Pseudovorticella chlamydophora (Penard, 1922) ▲
Pseudovorticella monilata (Tatem, 1870) ▲
Vorticella aquadulcis complejo ▲
Vorticella campanula Ehrenberg, 1831 ▲
 **Vorticella chlorellata* Stiller, 1940 ▲
 **Vorticella chlorostigma* (Ehrenberg, 1831) ▲
Vorticella convallaria complejo ▲
V. microstoma complejo ▲
 Familia Operculariidae Fauré-Fremiet en Corliss, 1979
Opercularia spp. ▲
 Familia Epistylididae Kahl, 1933
 **Epistylis entzii* Stiller, 1935 ▲
Epistylis plicatilis Ehrenberg, 1831 ▲
Epistylis sp. ▲
Rhabdostyla sp. ▲

Discusión

Los ciliados libres nadadores presentan una amplia distribución en los cuerpos de agua, que abarca, en general, la totalidad de la columna de agua, así como el fondo, en donde se encuentran los sedimentos ricos en materia orgánica y bacterias que son una fuente alimentaria fundamental para muchos ciliados. Además, la comunidad de ciliados se caracteriza por presentar una diversidad morfológica expresada en los diversos patrones ciliares, tanto somáticos como bucales (Fig. 2).

Entre las especies sésiles (Fig. 3), observadas en los sustratos naturales y artificiales, 20 corresponden a la Subclase Peritrichia y al Orden Sessilida caracterizado por presentar un pedúnculo o una loriga, estructuras con las cuales se adhieren a los diversos sustratos tanto naturales (tales como hojas y raíces de fanerógamas, algas y animales acuáticos entre otros) como artificiales (tales como las tiras de plástico y los portaobjetos utilizados). A la vez, el pedúnculo y la loriga pueden servir de sustrato para que otros organismos se establezcan sobre estas estructuras, como es el caso de los coanoflagelados que se adhieren a la región que se localiza entre el cuerpo y el pedúnculo de *Pseudovorticella monilata* (Fig. 3U). Los géneros de peritricos sesilinos pertenecen a las familias Vaginicolidae (ciliados lorigados, con o sin pedúnculo: *Cothurnia*, *Platycola*, *Pyxicola* y *Thuricola*); familia Vorticellidae (solitarios, gregarios o coloniales, la mayoría sin loriga, cada zooide presenta su pedúnculo contráctil independiente: *Carchesium*, *Haplocaulus*,

Pseudovorticella y *Vorticella*, género con el mayor número de especies observadas en el presente trabajo); familia Operculariidae (coloniales y solitarios, pedunculados con su disco peristomal elevado y delgado: *Opercularia*) y la familia Epistylididae (coloniales o solitarios, pedunculados con o sin loriga, el disco peristomal no elevado ni delgado: *Epistylis* y *Rhabdostyla*).

Los suctores son otro grupo importante de organismos sésiles cuyos trofontes presentan varios tentáculos por medio de los cuales atrapan a su presa, utilizando a unos orgánulos denominados haptocistos (extrusomas) que se encuentran en las puntas de los tentáculos, posteriormente la presa es succionada al interior de su cuerpo. Se registraron seis especies de suctores pertenecientes a los géneros *Metacineta*, *Podophrya*, *Heliophrya*, *Tokophrya* y *Discophrya*. Los suctores pueden o no presentar pedúnculo, el cual se caracteriza por no ser contráctil, y también pueden o no tener una loriga. De los géneros determinados, sólo *Heliophrya* carece de pedúnculo, por lo que logra la adherencia al sustrato a través de su cuerpo discoidal.

Se registraron tres especies del género *Stentor*. Éstas se caracterizan por su forma cónica o de trompeta, su contractibilidad y coloración. Un ejemplo es *Stentor coeruleus*, que presenta un color azul-verde debido a un pigmento denominado estentorina; *S. igneus* (Fig. 3W) por su parte puede o no presentar una coloración rosada. En el caso de *S. polymorphus*, su coloración verdosa se debe a los endosimbiontes que alberga. Los organismos de este género se fijan al sustrato por la parte posterior de su cuerpo, la cual se encuentra adelgazada y algunas especies pueden formar un tubo gelatinoso.

Por último, entre las especies sésiles observamos a *Calyptotricha pleuronemoides* (Fig. 3L), que se adhiere al sustrato por medio de una loriga.

Como se mencionó anteriormente, muchas de las especies de protozoos (amebas, flagelados y ciliados) se encuentran en los diferentes cuerpos de agua dulce, aunque también se pueden encontrar en lugares más secos, como el suelo. En este caso, las mayores densidades de protozoos se encuentran cerca de las raíces de las plantas terrestres, en donde los componentes orgánicos liberados por éstas permiten un aumento de la densidad de bacterias, las cuales constituyen la base alimentaria de muchos protozoos. También existen evidencias que indican que los protozoos promueven la mineralización de los nutrientes esenciales, mejorando de esta manera el crecimiento de las plantas. Por otro lado, los protozoos también tienen un papel fundamental en las tramas alimentarias de los invertebrados del suelo, al ser las presas de los nemátodos los cuales a su vez son consumidos por los microartrópodos (Griffiths, 1994).

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel es un área natural que tiene un gran potencial para el estudio de varios grupos de protozoos como los ciliados, los flagelados, las amebas desnudas y las testadas. La topografía particular del lugar proporciona una amplia gama de microhábitats adecuados para la vida de varios grupos de estos microorganismos. El suelo, los pequeños reservorios de agua que se forman principalmente en la época de lluvias, así como el agua que se acumula en algunas epífitas del lugar, entre otros, son biotopos ideales para el desarrollo de estos organismos. Rzedowski (1954) señala, además, la formación de pequeños charcos en lugares donde el espesor de la roca volcánica es bajo y el agua freática llega a alcanzar la superficie, lo que sugiere que es posible que se presenten de manera natural algunos microambientes propicios para el desarrollo de los protozoos en el Pedregal de San Ángel.

Agradecimientos

Al Biól. Armando Zepeda Rodríguez por su valioso apoyo en la obtención de las micrografías electrónicas de barrido.

Literatura citada

- ALABOUVETTE C., M. M. COÛTEAUX, K. M. OLD, M. PUSSARD, O. REISINGER Y F. TOUTAIN 1981. Les protozoaires du sol: Aspects écologiques et méthodologiques. *Année Biologique*, **20**: 255-303.
- ALADRO-LUBEL M. A. Y M. E. MARTÍNEZ-MURILLO 1999. First description of the lorica of *Metacystis truncata* and its occurrence on *Thalassia testudinum*. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, **46**(3): 311-317.
- ALADRO-LUBEL M. A., M. REYES-SANTOS, F. OLVERA-BAUTISTA Y M. N. ROBLES-BRIONES 2007. Ciliados y otros protozoos. Pp. 97-122, en: Lot, A. (coord.). Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ANDERSON O. R. 1987. Comparative Protozoology. Ecology, physiology, life history. Springer-Verlag, Berlín.
- GRIFFITHS B. S. 1994. Soil nutrients flow. Pp. 65-91, en: Darbyshire, J.F. (ed.). Soil protozoa. CAB International, Wallingford.
- LEE J. J., E. SMALL, D. LYNN Y E. BOVEE 1985. Some techniques for collecting, cultivating and observing protozoa. Pp.1-7, en: Lee, J., S. Hutner y E. Bovee (eds.). An illustrated guide to the Protozoa. Society of Protozoologists. Allen Press. Lawrence, Kansas.
- LYNN D. H. 2001. Ciliophora. Encyclopedia of Life Sciences/ Nature Publishing Group/ www.els.net
- LYNN D. H. Y E. B. SMALL 2000. Phylum Ciliophora. Pp. 371-656, en: Lee, J.J., G.F. Leedale y P. Bradbury (eds.). An illustrated guide to the Protozoa. 2a ed. Society of Protozoologists. Allen Press, Lawrence, Kansas.
- RZEDOWSKI J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. **8**: 59-129.

Las microalgas de la Cantera Oriente

Eberto Novelo, Ma. Edith Ponce y Rocío Ramírez

Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias,

Universidad Nacional Autónoma de México

enm@hp.fciencias.unam.mx

Introducción

La Cantera Oriente es parte de la zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. La influencia que recibe de las zonas aledañas tiene componentes variados y difíciles de evaluar por la diversidad de microambientes presentes en ella. En particular, los cuerpos de agua de la Cantera Oriente tienen influencias externas relacionadas con el origen del agua, la mezcla con el vaso regulador de la zona deportiva y las filtraciones. Además, los organismos esporádicos y visitantes (tanto animales como vegetales) modifican y contribuyen en el cambio constante de las comunidades algales de esos cuerpos de agua. Los cambios en los niveles de nutrimentos del agua y su distribución temporal y espacial hacen que la Cantera Oriente posea una composición algal siempre dinámica.

A la importancia ecológica de la Cantera Oriente como parte de la Reserva del Pedregal habrá que añadirle un valor de importancia por los organismos acuáticos, en especial las algas ahí presentes. La composición específica de las algas de la Cantera Oriente corresponde en su mayoría a organismos ampliamente distribuidos geográficamente y ambientalmente, pero existe un número de especies cuya distribución conocida es muy restringida o muy poco documentada y su presencia podría ayudarnos a explicarnos mucho de la biología de los organismos acuáticos del lugar.

Un elemento más es la proporción de algas cuya presencia es esporádica o con poblaciones muy reducidas

y que evidentemente son parte de una situación fluctuante y de la que no sabemos qué tan estresante es para las algas. Y finalmente, otro elemento, es el número de algas que no presentan las características de las especies conocidas hasta ahora. Visto en conjunto, la situación en la composición de algas refleja mucho de los problemas presentes en la conservación de las comunidades terrestres de plantas y animales con el añadido de su condición microscópica y nuestro desconocimiento sobre los procesos biológicos en los que se insertan (reproducción, cadenas tróficas, antagonismos, etc.)

En la Cantera Oriente existen organismos cuya frecuencia es extremadamente baja y cuya evaluación de su estado de conservación vale la pena fundamentarla a partir de un estudio sostenido. El conocimiento que se tiene de las algas dulceacuícolas en México todavía no nos permite asignar un valor al estado de conservación, grado de amenaza o incluso registro de extinción de las especies. Las listas rojas de algas continentales ya disponibles en otros países muestran especies que aquí son abundantes y frecuentes en algunas regiones de nuestro país (por ejemplo, *Pteromonas aculeata*, es una especie muy raramente registrada en las floras de casi todo el mundo y en el vaso regulador de la Cantera Oriente, hemos encontrado poblaciones muy abundantes durante el inicio de la primavera).

El presente trabajo se desarrolló desde agosto de 2006 en diversos ambientes acuáticos de la Cantera Oriente (Mapa) y está documentado en el estudio sobre algas



Mapa. Zona de Amortiguamiento A₃ Cantera Oriente. La línea azul marca el perímetro de la Reserva en protección.

publicado en la Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico, por lo que, este último debe ser considerado no sólo como un antecedente directo, sino como el documento que explica la metodología empleada en la recolección y preparación del material algal, el registro de factores ambientales y las diversas técnicas utilizadas en la observación e identificación de las microalgas (Novelo, *et al.*, 2007).

Resultados

En un recuento inicial (Novelo *et al.*, 2007) anotamos y documentamos fotográficamente 114 taxones de algas. Varias de ellas sin posibilidad de asignar un nombre específico por la condición estéril o porque no han sido descritas previamente. A esa lista inicial, añadimos ahora 24 nombres nuevos, producto de la revisión del material recolectado durante las visitas a la Cantera Oriente con los alumnos de los cursos de Biología de Protistas y Algas y Ficología de los semestres 2008-1 y 2008-2. En el recuento actual anotamos datos de distribución y ecología para fundamentar la importancia relativa de

cada especie y sólo en los casos que se ha avanzado en la identificación de algunas algas previamente mencionadas; con un asterisco (*) se resaltan las especies que no han sido descritas previamente (quizá se trate de especies nuevas para la ciencia) y con una cruz simple (†) marcamos los nuevos registros para la Cantera Oriente. También marcamos con una cruz doble (‡) los taxones que por su distribución o falta de información es necesario estudiar con fines de conservación. La descripción de las especies y su distribución en las muestras, materiales gráficos, preparaciones permanentes y algunas cepas, están disponibles a quien lo solicite al primer autor de este trabajo.

Cyanoprokaryota

- † *Anabaena* cfr. *planctonica* Brunthaler
Una especie de distribución amplia. La afinidad debe confirmarse con las características de los acinetos, no encontrados en el material recolectado.
- * *Aphanocapsa* sp.
- * *Asterocapsa* sp.
- * *Chamaesiphon incrustans* Grunow
- * *Chamaesiphon* sp.

- * *Chlorogloea* sp.
- Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli
- ‡ *Chroococcus obliteratus* Richter
- Cylindrospermum majus* Kützing
- * *Gloeocapsa* sp.
- ‡ *Gloeocapsopsis* cfr. *cyanea* (Krieger) Komárek et Anagnostidis
- † *Jaaginema geminatum* (Meneghini ex Gomont) Anagnostidis et Komárek

Una especie tropical con registros en las zonas templadas (como su sinónimo *Oscillatoria geminata* Meneghini ex Gomont) principalmente en aguas corrientes y en general con temperaturas relativamente altas (Figura 1).

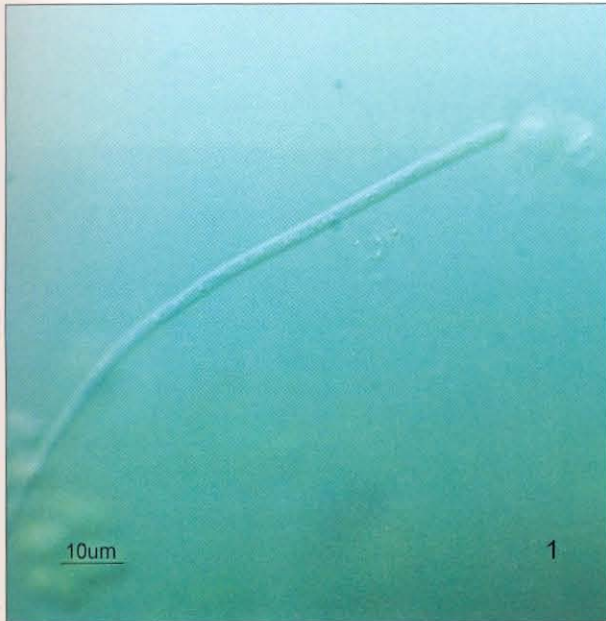


FIG. 1. *Jaaginema geminatum*.

- Jaaginema subtilissimum* (Kützing ex De Toni) Anagnostidis et Komárek
- Lyngbya martensiana* Meneghini ex Gomont
- Microcystis novacekii* (Lemmermann) Ralfs
- * *Myxosarcina* sp. 1
- * *Myxosarcina* sp. 2
- † *Nostoc microscopicum* Carmichael

Una especie de distribución amplia y siempre en ambientes subaéreos, aunque registrado en una gran variedad de biomas. En la Cantera Oriente se encuentra en las zonas

litorales y en suelos húmedos por la lluvia o los sistemas de riego. (Figura 2).

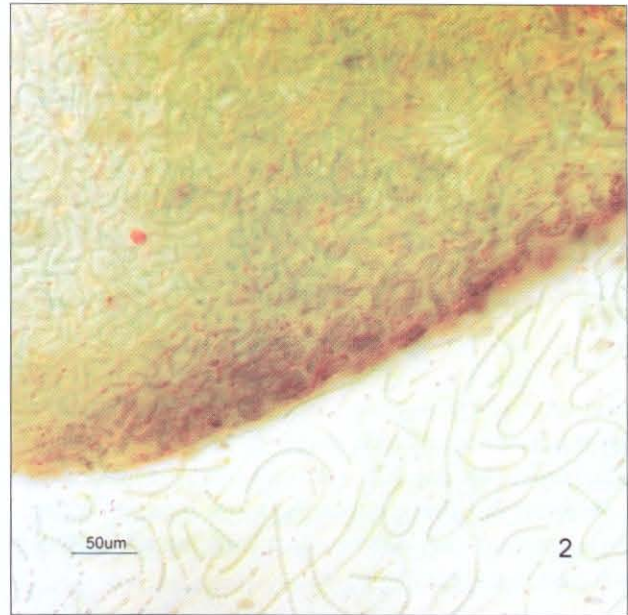


FIG. 2. *Nostoc microscopicum*.

- Oscillatoria tenuis* Agardh ex Gomont
- Phormidium aerugineo-coeruleum* (Gomont) Anagnostidis et Komárek
- † ‡ *Phormidium kuetzingianum* (Kirchner) Anagnostidis et Komárek

Una especie subaérea y litoral de las zonas templadas. En la Cantera Oriente crece como metafítica de los crecimientos litorales de los lagos. Este es el primer registro para México.

- Phormidium taylorii* (Drouet et Strickland) Anagnostidis
 - * *Schizothrix* sp.
 - Scytonema schmidtii* Gomont
- Una especie subaérea de distribución amplia.
- Xenococcus* cfr. *willei* Gardner

Chlorophyta

- † *Actinastrum hantschii* Lagerheim

Una especie cosmopolita que florece en lagos, presas, ríos y charcos; en aguas eutróficas y mesosapróbicas;

generalmente como planctónica y metafítica. Previamente registrada en México en la Meseta Central (Margain, 1981; Tavera *et al.*, 2000). Los registros previos de esta especie en las zonas tropicales americanas corresponden a la variedad *subtile* Woloszynska (Komárek, 1983, Comas, 1996). En todos los casos, con poblaciones no abundantes ni frecuentes.

- Chaetospheridium globosum* (Nordstedt) Klebahn
- Characium ensiforme* Hermann
- † ‡ *Chlamydocapsa planctonica* (W. et G.S. West) Fott

Una especie con registros muy diversos y discutibles, en especial como su sinónimo *Gloeocystis gigas* (Kützinger) Lagerheim. Para Ettl y Gärtner (1988) es una especie válida con distribución templada y en lagos eutróficos. En la Cantera Oriente se presenta como metafiton litoral del lago regulador (Figura 3).

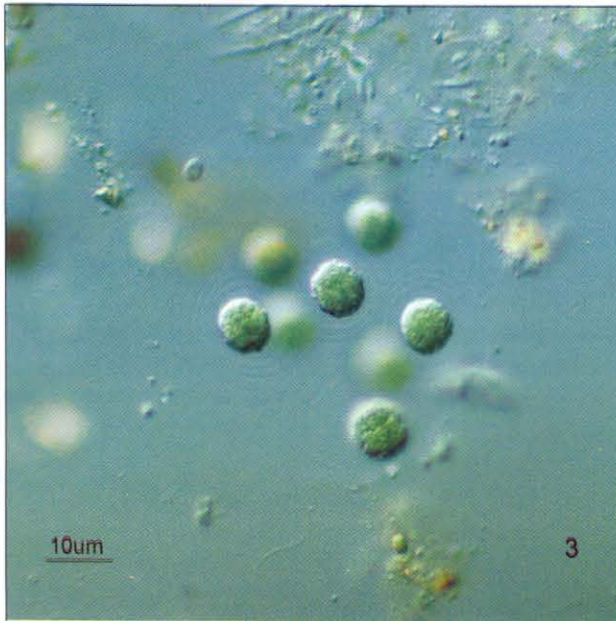


FIG. 3. *Chlamydocapsa planctonica*.

- Chlamydomonas* spp. (al menos cuatro formas distintas).
- * † *Chlorococcum* sp.

Una especie presente en el metafiton litoral de los lagos de la Cantera. La identificación de las especies

de este género requiere de condiciones y tratamientos de cultivo especiales. La gran mayoría de las especies descritas han sido obtenidas de cultivos de suelo. Nuestro material no tiene ninguna de las características de las especies acuáticas.

- Cladophora glomerata* (Linnaeus) Kützinger
- Closterium pseudolunula* Borge
- ‡ *Coccomonas* cfr. *orbicularis* Stein
- † *Coelastrum microporum* Nägeli in A. Braun

Una especie cosmopolita con un espectro ecológico muy amplio. En México ha sido encontrada en aguas dulces a salobres, neutras a alcalinas (Figura 4).

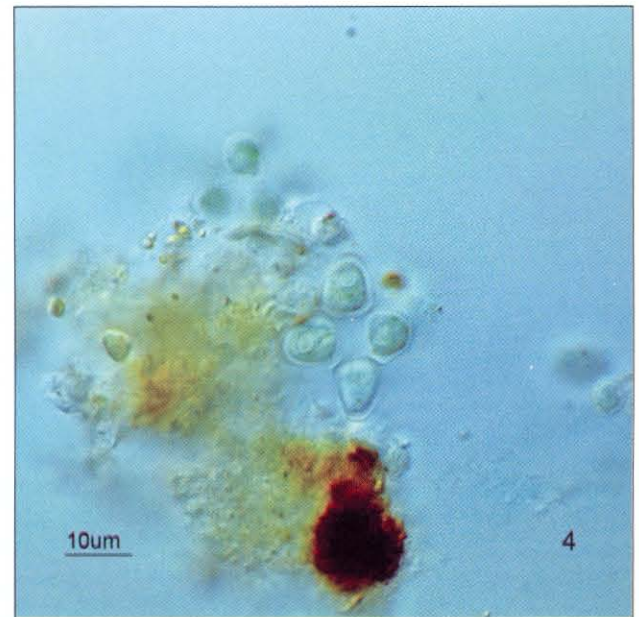


FIG. 4. *Coelastrum pseudomicroporum*.

- † ‡ *Coelastrum pseudomicroporum* Korshikov

Una especie distribución templada en aguas eutróficas con algunos registros en zonas tropicales. En México sólo se ha encontrado en charcos de la planicie veracruzana (Comas *et al.*, 2007)

- † ‡ *Cosmarium pseudopyramidatum* Lundell in Nordstedt

Una especie de distribución principalmente templada en aguas ácidas de pantanos de turberas y como metafiton

en lagos oligotróficos, pero con varios registros en zonas tropicales. En México, sólo existe un registro (Tavera y González, 1990) en condiciones subaéreas.

† *Desmodesmus abundans* (Kirchner) Hegewald

Una especie cosmopolita, presente en aguas eutróficas, limnófila. Los registros previos para México son bajo su sinónimo (*Scenedesmus abundans* Kirchner).

† *Desmodesmus communis* (Hegewald) Hegewald

Una especie con una distribución controvertida. Originalmente *Scenedesmus communis* Hegewald, incluyó muchos de los organismos identificados bajo el nombre dudoso *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson y otros con morfología muy similar. Posteriormente, todo el complejo fue trasladado a *Desmodesmus* junto con taxones que para otros autores son especies válidas. En esta situación, la distribución potencial de *D. communis* es tan amplia que puede estar prácticamente en todos lados y en todas las condiciones ambientales. *D. communis* (*stricto sensu*) ha sido registrada principalmente en zonas templadas y muy raramente en el trópico.

Desmodesmus maximus (W. et G.S. West)
Hegewald

Desmodesmus opoliensis (Richter) Hegewald

† *Desmodesmus westii* (G.M. Smith) Chodat

Una de las especies incluidas por Hegewald (2000) bajo el epíteto *D. maximus*. Sin embargo, en las condiciones en las que se desarrolla (metafiton en aguas eutróficas) las características morfológicas son constantes y a la vez muy diferentes de las de *D. maximus*. Su distribución incluye registros en México, Cuba y cuerpos de agua en Europa central durante la época de verano.

† *Dictyosphaerium pulchellum* H.C. Wood

Una especie cosmopolita de espectro ecológico muy amplio pero más abundante en aguas eutróficas. En la Cantera Oriente no es abundante ni frecuente, presente sólo en el metafiton de los cuerpos de agua más grandes (Figura 5).

Didimocystis planctonica Korshikov

‡ *Entocladia* cfr. *endophytica* (Möbius) D.M. John
Eudorina elegans Ehrenberg
† ‡ *Eudorina unicocca* G.M. Smith

Según Ettl (1983) es una especie conocida principalmente de Norte a Centroamérica, con algunos registros en Europa. Sin embargo es el primer registro de esta especie en México. Se distingue de *E. elegans* por poseer sólo un pirenoide por célula. Es de notar que esta última especie tiene una distribución cosmopolita.

‡ *Eutetramorus fottii* (Hindák) Komárek
Golenkinia radiata Chodat
‡ *Lagerhemia ciliata* (Lagerheim) Chodat
Micractinium crassisetum Hortobagyi
Micractinium pusillum Fresenius
Oedogonium sp.
Oocystis marssonii Lemmermann
‡ *Oocystis* cfr. *tainoensis* Komárek
Pandorina morum (O.F. Müller) Bory
Pediastrum boryanum (Turpin) Meneghini var. *boryanum*
Pediastrum boryanum var. *longicorne* Raciborski
Pediastrum simplex Meyen
‡ *Planktosphaeria gelatinosa* G.M. Smith

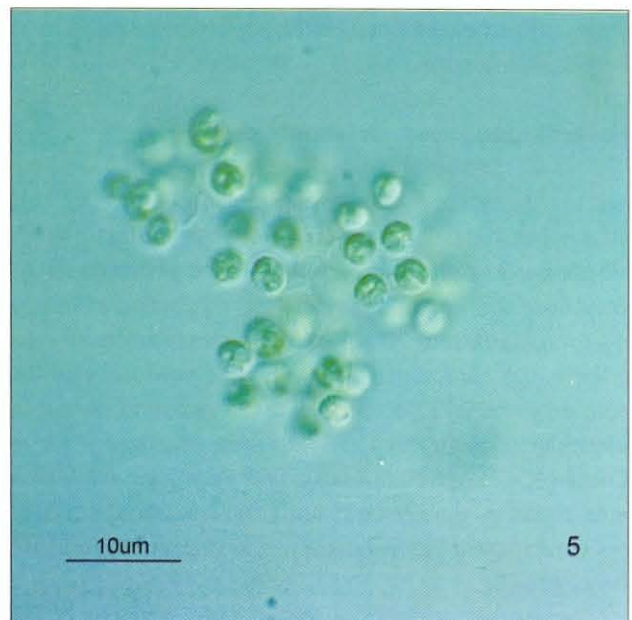


FIG. 5. *Dictyosphaerium pulchellum*.

Una especie de distribución templada con algunos registros tropicales. La presencia de múltiples cloroplastos piramidales y una vaina amplia en la autosporulación son las características distintivas de esta especie. Sin embargo también la comparten con las especies de *Follicularia* Miller. *P. gelatinosa* es típicamente planctónica, mientras que las especies de *Follicularia* ha sido obtenidas de cultivos de suelo. En la Cantera Oriente fue encontrada como plancton de los lagos.

- ‡ *Pteromonas aculeata* Lemmermann
- ‡ *Pteromonas golenkiniana* Pascher
- Rhizoclonium hieroglyphicum* (Agardh) Kützing ampl. Stockmayer
- Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat
- ‡ *Scenedesmus* cfr. *similagineus* Hortobágyi
- ‡ *Sphaerellopsis gloeosphaera* (Pascher et Jahoda) H. et O. Ettl
- Spirogyra* sp.
- Stichococcus* cfr. *subtilis* (Kützing) Klecker
- Stigeoclonium tenue* (Agardh) Kützing
- Ulothrix tenerrima* Kützing

Euglenophyta

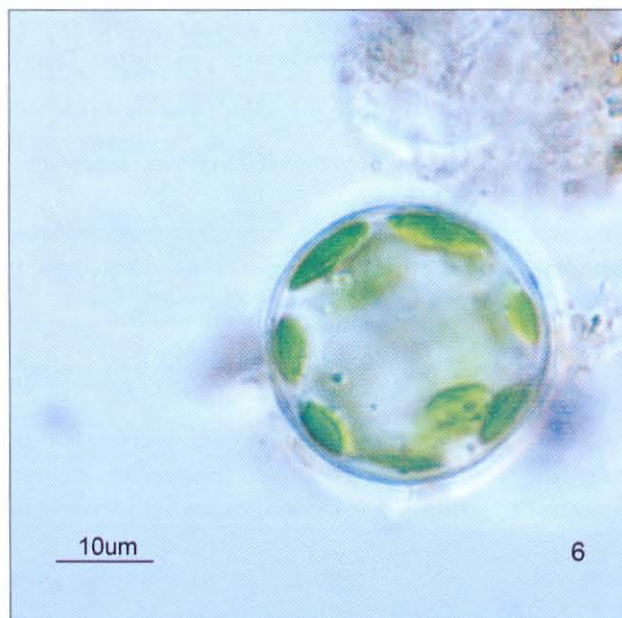
- Euglena gracilis* Klebs
- Phacus longicauda* (Ehrenberg) Dujardin
- ‡ *Phacus pseudoswirenkoi* Prescott
- * *Phacus* sp.
- Trachelomonas allia* Drezepolski emend. Deflandre

Heterokontophyta, Xanthophyceae

- † ‡ *Botrydiopsis* cfr. *arhiza* Borzi

Una especie de distribución amplia, según Ettl (1978), sin embargo muy poco referida en las floras de algas continentales. En México existe un registro para el Lago de Chapala (Mora, 2004), pero sin descripción ni ilustración. Las características específicas son observables sólo en material vivo por lo que es necesario revisar la identidad del material previamente registrado. En la Cantera Oriente tiene periodos de desarrollo explosivo y en todas las condiciones ambientales (aguas corrientes y estancadas, como plancton, metafiton o epifiton) (Figuras 6-7).

- † ‡ *Chloridella cystiformis* Pascher



FIGS. 6-7. *Botrydiopsis arhiza*.

Una especie templada, de ambientes ácidos. Este es el primer registro para México. En la Cantera Oriente crece como metafiton de algas de aguas corrientes (Figura 8).

- * *Tribonema* sp.



FIG. 8. *Chloridella cystiformis*.

Heterokontophyta, Chrysophyceae

†‡ *Synura petersenii* Korshikov

Una especie de distribución mundial, habitante del plancton de lagos oligotróficos a mesotróficos, pero esta es la primera vez que se registra en México. Generalmente forma crecimientos masivos que le confieren un olor a pescado a los cuerpos de agua. En la Cantera Oriente abunda al inicio de la primavera en el lago regulador.

Heterokontophyta, Bacillariophyceae

- Achnanthes hungarica* Grunow
- Achnantes inflata* (Kützing) Grunow
- Achnanthidium chlidanos* (Hohn et Hellerman) Novelo, Tavera et Ibarra
- Achnantidium exiguum* (Grunow) Czarnecki
- † *Achnantidium minutissimum* (Kützing) Czarnecki

Una especie cosmopolita, alcalífila y presente en condiciones alcalinas, así como oligohalobias.

- Amphora coffeaeformis* (Agardh) Kützing
- Amphora copulata* (Kützing) Schoemann et Archibald

- Amphora perpusila* (Grunow) Grunow
- Amphora veneta* Kützing
- Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen
- ‡ *Caloneis* cfr. *amphisbaena* fo. *subsalina* (Donkin) Van der Werff et Huls
- Caloneis bacillum* (Grunow) Cleve
- Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenberg) Van Heurck
- Craticula cuspidata* (Kützing) D.G. Mann
- Cyclotella meneghiniana* Kützing
- Cymbella mexicana* (Ehrenberg) Cleve
- Denticula kuetzingii* Grunow
- ‡ *Diatoma moniliformis* Kützing
- * *Eunotia* aff. *sudetica* O.F. Müller
- † *Fragilaria capucina* Desmazières

Una especie de distribución amplia, pero con un espectro ecológico relativamente restringido a condiciones con baja concentración de nutrimentos, aunque se presenta en muchas comunidades, tanto planctónicas como todo tipo de bentónicas. En la Cantera Oriente es poco frecuente y escasa.

† *Fragilaria crotonensis* (Grunow) Kitton

Una especie principalmente templada, con muy pocos registros en el trópico. Habitante predominantemente en el fitoplancton de lagos oligotróficos a mesotróficos. En la Cantera Oriente sólo se ha visto en una ocasión en una muestra de fitoplancton de un lago.

Frustulia vulgaris (Thwaites) De Toni

† *Gomphonema acuminatum* Ehrenberg

Una especie de distribución amplia que prefiere condiciones circumneutras y poco salobres. Es habitante constante en el plancton.

- Gomphonema affine* Kützing
- Gomphonema clavatum* Ehrenberg
- Gomphonema gracile* Ehrenberg
- Gomphonema parvulum* Kützing
- Gomphonema truncatum* Ehrenberg
- * *Gomphonema* sp.
- Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow
- Melosira varians* Agardh
- Navicula cryptocephala* Kützing

Navicula cryptotenella Lange-Bertalot
Navicula radiosa Kützing
Navicula trivialis Lange-Bertalot
Nitzschia amphibia Grunow
Nitzschia clausii Hantzsch
Nitzschia communis Rabenhorst
Nitzschia dissipatta (Kützing) Rabenhorst
Nitzschia frustulum (Kützing) Grunow
Nitzschia linearis W. Smith
Nitzschia palea (Kützing) W. Smith
Pinnularia acrosphaeria W. Smith
Pinnularia tropica Hustedt
Planothidium lanceolatum (Brébisson) Round et Bukhtiyarova
Rhoicosphenia abbreviata (Agardh) Lange-Bertalot
Rhopalodia gibberula (Ehrenberg) O.F. Müller
Sellaphora laevisissima (Kützing) D.G. Mann
Sellaphora pupula (Kützing) Mereschowsky
Staurosira construens var. *venter* (Ehrenberg) P.B. Hamilton
Surirella brebissonii Krammer et Lange-Bertalot
† *Synedra acus* var. *acutissima* (Grunow) van Heurk

El status de esta variedad como taxón independiente de *Ulnaria acus* no ha sido resuelto. Si se tratara de una entidad válida tiene una distribución templada con registros en la zona tropical. En la Cantera Oriente se desarrolla como planctónica en los lagos.

Terpsinoe musica Ehrenberg
Tryblionella debilis Arnott
Tryblionella hungarica (Grunow) Frenguelli
† *Ulnaria acus* (Kützing) Aboal

Una especie cosmopolita de espectro ecológico muy amplio, principalmente planctónica pero con presencia en el metafiton y perifiton.

Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère

Comentarios finales

De los 137 registros de microalgas presentes en la Cantera Oriente, el 17.5 % son adiciones a la flora previamente registrada, un poco más del 8% aun no tienen un nombre definido y un 17 % tienen información distribucional deficientemente documentada. La información sobre la distribución de las especies es difícil de comprobar pues no existe ninguna estabilidad taxonómica en ninguno de los grupos, tampoco existe un centro de acopio de este tipo de información y en cambio abunda información con documentación incompleta que resulta contradictoria en sitios de la internet.

De una base de datos parcial hemos reconstruido la siguiente aproximación sobre la amplitud distribucional de las especies de la Cantera: 73 son cosmopolitas, 20 son exclusivamente de la zona templada, 4 son exclusivamente tropicales, 20 son principalmente templadas con registros aislados en el trópico y 2 son principalmente tropicales con registros aislados en las zonas templadas.

Las especies cosmopolitas pertenecen principalmente a Chlorophyta y a las Bacillariophyceae y las características ambientales donde proliferan en otras partes están bien representadas en los cuerpos de agua de la Cantera Oriente (aguas meso- a eutróficas, estancadas o con corriente débil, etc.) De las especies consideradas como templadas es complicado explicar su presencia, pues una posibilidad es que la falta de conocimiento florístico de nuestras regiones resulta en registros de especies hasta ahora conocidas de localidades de latitudes mayores (en realidad se trataría de especies cosmopolitas pobremente documentadas); otra posibilidad es que se trate de morfologías similares, imposibles de distinguir con las descripciones actuales, que basan su evaluación en la morfología general, pero en realidad son entidades taxonómicas distintas. Las especies tropicales no parecen presentar dificultades en su distribución, sin embargo, en todos los casos son especies muy pocas veces registradas, sobre todo por la falta de listados florísticos de estas regiones. En las especies templadas con registros tropicales nuevamente nos encontramos ante el dilema de decidir si son morfologías similares o una extensión en la amplitud de la distribución por ausencia de estudios florísticos. Una condición diferente es en el caso de las especies tropicales con registros

aislados en las zonas templadas, en las dos especies presentes en la Cantera Oriente, se trata de descripciones hechas por especialistas que ahora las han registrado en condiciones cálidas en Europa o Norteamérica.

La importancia de la discusión anterior resalta cuando se estudian las poblaciones de algunas de las especies que hemos marcado con la cruz doble (\pm). Por ejemplo, en un cultivo de *Pteromonas aculeata* se han obtenido morfologías similares a las de *P. angulosa* (no encontrada en la Cantera, pero presente en los canales de Xochimilco). Las especies han sido descritas para los lagos de Europa y tienen un registro florístico consistente en todo ese continente, las Islas Británicas y los Estados Unidos. Si en nuestros cultivos clonales aparecen ambas morfologías, ¿significa que ambas especies son una sola entidad? o que ¿la población mexicana, similar morfológicamente a las europeas, tiene un polimorfismo más acentuado? Situaciones similares hemos encontrado en los cultivos de otras especies (*Desmodesmus communis*, *D. westii*, *Phormidium kuetzingianum*, *Botrydiopsis arhiza*, etc.)

La descripción detallada y documentación, al menos gráfica, de las especies es una condición básica en la evaluación de las comunidades algales. A falta de ejemplares de herbario de muchas de las especies (por la utilización generalizada de iconotipos) la certificación de las mismas se basa en caracteres morfológicos comparativos en muchas poblaciones y al grado de precisión de dibujos y fotografías. Mientras no se cuente con una base de información genética confiable (muchas especies de algas registradas en el GenBank tienen una identidad errónea o no han sido identificadas), tendremos que seguir utilizando la información morfológica disponible y también tendremos que ofrecer la mayor cantidad de datos sobre cada uno de nuestros ejemplares.

Contar con la posibilidad de estudiar un sistema complejo como el de la Cantera Oriente, combinando la práctica docente con la investigación básica, permite avanzar en todos los temas aquí planteados, las cuestiones taxonómicas, biogeográficas, de conservación, de biología de las especies y finalmente de su importancia como parte de un ecosistema en el que las algas son el primer factor en la productividad del conjunto.

Agradecimientos

Al Dr. Antonio Lot, por sus invitaciones a participar en los proyectos de la Cantera Oriente y para colaborar en esta publicación conmemorativa. Al Biól. Francisco Martínez por su apoyo y consideraciones durante las prácticas escolares. A los estudiantes de los cursos de Biología de Protistas y Algas de los semestres 2008-1 y 2008-2, por su entusiasmo en participar en este proyecto. A la M. en C. Guadalupe Vidal, por su apoyo técnico en el aislamiento y mantenimiento de los cultivos de algas.

Literatura citada

- COMAS, G. A. 1996. Las Chlorococcales Dulciacuícolas de Cuba. *Bibliotheca Phycologica* 99. L. Kies and R. Schnetter (Eds.) Stuttgart. J. Cramer.
- COMAS, A., E. NOVELO Y R. TAVERA. 2007. Coccal green algae (Chlorophyta) in shallow ponds in Veracruz, México. *Archiv für Hydrobiologie Supplement - Algological Studies* 124: 29-69.
- ETTL, H. 1978. Xanthophyceae. Teil 1. Süßwasser flora von Mitteleuropa. Band 3. Ettl, H.; J. Gerloff and H. Heynig (Eds.) Stuttgart. Gustav Fischer Verlag.
- ETTL, H. 1983. Chlorophyta I. Phytomonadina. Süßwasser flora von Mitteleuropa. Band 9. Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. Mollenhauer, D. (Eds.) Stuttgart. Gustav Fischer Verlag.
- ETTL, H. Y G. GÄRTNER. 1988. Chlorophyta II. Tetrasporales, Chlorococcales, Gloeodendrales. Süßwasser flora von Mitteleuropa. Band 10. Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. Mollenhauer, D. (Eds.) Stuttgart. Gustav Fischer Verlag.
- HEGEWALD, E. 2000. New combinations in the genus *Desmodesmus* (Chlorophyceae, Scenedesmaceae). *Archiv für Hydrobiologie Supplement - Algological Studies* 96: 1-18.
- KOMÁREK, J. 1983. Contributions to the Chlorococcal algae of Cuba. *Nova Hedwigia* 37 (65): 1-180.
- MARGAIN H. R. M. 1981. Flora ficológica de los cuerpos de agua temporales de la región oriental y sur de la cuenca del Rio Pánuco. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 422 pp.
- MORA N. M. R. 2004. Fitoplancton del lago de Chapala, Jalisco-Michoacán, México. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. 87 pp.
- NOVELO, E., E. PONCE, R. RAMÍREZ Y M. RAMÍREZ. 2007. Algas. Pp. 63-95. En: A. Lot (coord.) Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico. Coordinación de la Investigación Científica, Secretaria Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- TAVERA, R., E. NOVELO Y A. COMAS. 2000. *Chlorococcalean algae* (s.l.) from the Ecological Park of Xochimilco, Mexico. *Archiv für Hydrobiologie Supplement - Algological Studies* 100: 65-94.
- TAVERA-SIERRA, R. L. Y JORGE GONZÁLEZ-GONZÁLEZ. 1990. Caracterización ficoflorística de los parajes de la Sierra de Juárez, Oaxaca. Importancia de las formas de crecimiento algales en la tipificación de un ambiente. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 50: 121-133.

Líquenes

María de los Ángeles Herrera-Campos¹ y Roberto Lücking²

¹Departamento de Botánica, Instituto de Biología,
Universidad Nacional Autónoma de México

²Department of Botany,
The Field Museum. Chicago, IL. USA.
mahc@biologia.unam.mx

Introducción

Son diversas las definiciones que existen de la simbiosis líquénica. El consenso general es que los líquenes representan una asociación mutualista relativamente obligada entre un micobionte y uno o más fotobiontes, auto-suficiente y fisiológicamente integrada, que representa una unidad morfológica diferente a los hongos, algas y cianobacterias de vida libre que la forman (Scott 1973; Hale 1983). También es considerada como parasitismo controlado porque parece que el hongo resulta más beneficiado de la asociación, mientras que el fotobionte crece mucho más lentamente que cuando es de vida libre (Ahmadjian 1993). Posiblemente la más adecuada definición es la de Goward y Arsenault (2000), quienes dicen que los líquenes son “hongos que descubrieron la agricultura”. Ecológicamente, la simbiosis líquénica es mantenida por un flujo de agua, carbono, nitrógeno y otros elementos vitales entre sus dos o tres componentes y entre el líquen como un todo con el ambiente (Lawrey 1984), sin embargo, pueden ser aún más complejos, tomando en cuenta que además existen hongos liquenícolas frecuentemente asociados con el talo, los cuales pueden ser parásitos, comensales, mutualistas o saprobios (Nash 2008 a). Así, los líquenes han sido considerados como ecosistemas en miniatura con componentes autótrofos y heterótrofos, incluyendo descomponedores; donde el fotobionte (alga verde y/o cianobacteria) representa al productor primario y el hongo (micobionte) juega el papel de consumidor (Tehler 1996). Algunos hongos liquenícolas actúan como descomponedores (Nash 2008 a), además de bac-

terias de vida libre epibiontes y algunas probablemente asociadas al micobionte (Barreno *et al.* 2008) así como invertebrados que los usan como refugio o alimento.

La amplia distribución mundial de los líquenes y la gran diversidad de especies (entre 13500 y 17000, Nash 2008 a) sugiere que la simbiosis líquénica es una de las formas de vida más antiguas y exitosas sobre la Tierra (Ahmadjian 1987; Ahmadjian y Paracer 1986; Tehler 1983). Habitan prácticamente en todas las condiciones ambientales entre los polos y los trópicos y desde las zonas costeras hasta las áreas alpinas, adaptándose a una enorme variedad de nichos microecológicos; son edafícolas, saxícolas, cortícolas, lignícolas, muscícolas, hepáticas o folícolas, también crecen sobre animales y sustratos antropogénicos como vidrio, plástico y distintos materiales de construcción. Los líquenes colonizan hábitats cuyos simbiosiontes de manera separada no podrían (Nash 2008 a).

Ecología de los líquenes

Los líquenes son componentes indispensables de los ecosistemas templados y tropicales (Longton 1992; Nadkarni 2000), se estima que del 8 al 10% de los ecosistemas terrestres están dominados por líquenes (Larson 1987 en Seaward 2008), contribuyendo de manera importante a la biomasa, a la biodiversidad, a los ciclos de nutrimentos y de minerales y al flujo energético (Seaward 2008; Nash 2008 b, c). Promueven la formación de suelo, incrementan la disponibilidad de nitrógeno en el sustrato y acumulan varios elementos esenciales,

como K, P y S, (Jones 1988; Seaward 2008). Son capaces de almacenar agua hasta 3000% de su peso seco, fijan nitrógeno atmosférico aportando hasta el 25% en el ciclo local de este elemento; alteran las características de la corteza de los árboles e interfieren en las interacciones entre parásitos y plantas hospederas (Forman 1975; Pócs 1980; Fritz-Sheridan 1988; Bermúdez de Castro *et al.* 1990; Nadkarni y Matelson 1992; Longton 1992; Coley y Kursar 1996; Knops y Nash 1996; Nash 2008 a, b).

Los simbioses líquénicos pueden asociarse en diversas formas de crecimiento determinadas por el grado de asociación entre los simbioses, desde sólo hifas entrelazadas laxamente entre las cuales se encuentran embebidos los fotobioses a talos estratificados con distintos tejidos, distinguiéndose líquenes costrosos, foliosos y fruticosos, además de los talos compuestos (*Cladonia*), los gelatinosos (*Leptogium*) y los de apariencia pulverulenta (*Lepraria*). Son muy variados en tamaño y coloración, desde talos costrosos de escasos milímetros de superficie hasta los fruticosos de varios metros de longitud, con colores en tonalidades de verdes, amarillos, grises y anaranjados a rojos brillantes, cafés oscuros y negros. La forma de crecimiento de los líquenes no representa un carácter taxonómico o evolutivo, ya que existen taxones en los que se pueden agrupar formas costrosas, foliosas y fruticasas, como es el caso de la familia Teloschistaceae.

Los hongos liquenizados sintetizan diferentes sustancias, productos orgánicos del metabolismo primario y secundario. Los metabolitos secundarios representan el mayor número de compuestos orgánicos de los líquenes y han sido de gran utilidad en su taxonomía permitiendo, en conjunción con la morfología, la anatomía y el análisis de la distribución geográfica, la delimitación e interpretación de relaciones a nivel de género, suborden y familia (Culberson 1969, 1970, 1986; Culberson y Culberson 1994; Elix 1996).

La nomenclatura de los líquenes se refiere al micobionte, mientras los fotobioses reciben sus propios nombres y clasificación. Los hongos liquenizados pertenecen a los phyla Ascomycota y Basidiomycota del Reino Fungi y el estudio de su evolución abordado a la luz de las técnicas cladísticas y de análisis molecular ha dado origen a una dinámica de cambios continuos en su clasificación y en la manera de entender las relaciones filogenéticas de

Fungi (Lücking *et al.* 2005; Lutzoni *et al.* 2004; Eriksson *et al.* 2002, Hofstetter *et al.* 2007; Hibbett *et al.* 2007; James *et al.* 2006; Miadlikowska *et al.* 2006; Spataphora *et al.* 2006). La gran diversidad líquénica y el hecho de que algunos grupos fúngicos, como los Ostropales, contengan tanto hongos liquenizados como de vida libre, ha sugerido que la liquenización ocurrió en diferentes grupos y tiempos y que por lo tanto los líquenes son polifiléticos (Poelt 1994; Gargas *et al.* 1995; Lutzoni y Vilgalys 1995 a, b; Tehler 1996). Sin embargo, estudios recientes indican que la mayoría de éstos forma un grupo monofilético del cual evolucionaron secundariamente líneas importantes de hongos no liquenizados como los Eurotiomycetes (que incluye los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*) y los Chaetothyriomycetes (Lutzoni *et al.* 2001, 2004; James *et al.* 2006; Miadlikowska *et al.* 2006).

Liquenología en México

El estudio de la diversidad líquénica de México es relativamente reciente, por un lado sólo fue un producto colateral de otras investigaciones y por otro, con la prevalencia de los trabajos sobre macrolíquenes (Herrera-Campos y Nash 2000). A partir de los esfuerzos del equipo de trabajo de Arizona State University, dirigido por el Dr. Thomas Nash III, se produjeron un primer catálogo actualizado de los líquenes de México con aproximadamente 1800 especies (Ryan *et al.* 1996) y la flora líquénica del Desierto Sonorense, en tres volúmenes, que incluye tanto microlíquenes como macrolíquenes de los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua y Durango (Nash *et al.*, 2002, 2004, 2007) y a los cuales han de sumarse otras listas preliminares de Chiapas (Sipman y Wolf 1998), Oaxaca (Pérez-Pérez y Herrera-Campos 2004) y una de líquenes foliícolas de Puebla, Oaxaca y Veracruz resultado de un reciente inventario que produjo varias publicaciones (Bárceñas-Peña 2004; Herrera-Campos y Lücking 2002, 2003; Herrera-Campos *et al.* 2004 a, b, c, 2005).

Además de los pocos estudios florístico-taxonómicos, se han realizado algunos trabajos ecológicos con diferentes enfoques. Mojica-Guzmán y Johansen (1990) investigaron la sucesión de insectos en comunidades de líquenes y briofitas. La ecoquímica de líquenes sobre rocas mineras fue estudiada por Rodríguez y Rosales (1995). Czeuga *et al.* (1997) publicaron un trabajo sobre carotenoides en líquenes de México.

Debido a su sensibilidad a cambios abruptos en sus hábitats así como a la contaminación atmosférica (Nash 2008a; Purvis 1997; Brodo *et al.* 2001), los líquenes son usados en el monitoreo de contaminación ambiental (Hawksworth y Rose 1976; Hawksworth y Seaward 1990; Conti y Cecchetti 2001; Nimis *et al.* 2002). En países tropicales el uso de estos métodos ha sido limitado por el escaso conocimiento taxonómico y ecológico de estos organismos (Ferreira 1981; Bretschneider y Marcano 1995; Marcelli 1998; Monge-Nájera *et al.* 2002 a, b), siendo los trabajos de Zambrano *et al.* (2000, 2002) los únicos que han utilizado a los líquenes como monitores de la calidad del aire en la Cuenca de México y sus alrededores.

Asimismo, también son empleados como indicadores de bosques con altos valores de conservación y para la identificación y mapeo de sitios críticos de biodiversidad. En México, el trabajo de Pérez-Pérez (2005) muestra la diversidad y ecología de macrolíquenes en bosques con diferente manejo forestal en el estado de Oaxaca, sugiriendo que las prácticas forestales, empleadas en la zona estudiada, permiten la dispersión, establecimiento, crecimiento y conservación de los macrolíquenes cortícolas, en contraste con los efectos simplificadores de reducción de especies y pérdida de abundancia producidos por el manejo forestal industrializado.

Líquenes del Pedregal de San Ángel

El Pedregal de San Ángel es uno de los pedregales o malpaíses más conocidos de México, resultado de la erupción volcánica del Xitle aproximadamente en el año 300 a.C. se extendía en el Distrito Federal desde las faldas del Ajusco hasta los alrededores de las actuales Delegaciones Tlalpan, Coyoacán, Magdalena Contreras y Álvaro Obregón con una superficie aproximada de 80 km², viéndose extremadamente fragmentado por el desarrollo de la ciudad y quedando reducido a un área de 237.3 ha, hoy protegida en Ciudad Universitaria y conocida como Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA).

Su flora pertenece a la Provincia de la Altiplanicie de la Región Xerofítica Mexicana (Rzedowski 1978) y al parecer las asociaciones establecidas son únicas en el mundo (Rojo y Rodríguez 2002).

La heterogeneidad topográfica y altitudinal dio origen a distintas comunidades vegetales como bosques de aile, de pino, de encino y matorrales de encino, así como a una variedad de microambientes, por lo que algunas especies se restringieron a la parte más alta y húmeda, otras a grietas y otras más a la superficie de las rocas (Rzedowski 1978; Rojo y Rodríguez 2002; <http://www.repsa.unam.mx/>).

A pesar de ser una región muy conocida en el país, hasta la fecha su flora liquénica no había sido estudiada. Este trabajo presenta una lista preliminar (Tabla 1) de los líquenes más conspicuos del área de amortiguamiento de la REPSA, en particular del Jardín Botánico del IBUNAM y de los camellones localizados frente a la Facultad de Ciencias, producto de un proyecto recientemente iniciado cuyo objetivo principal es dar cuenta de las preferencias microambientales de los líquenes de la Reserva. Entre las especies hasta ahora documentadas, *Flavopunctelia flaventior* y *Punctelia subrudecta* han sido reportadas como raras o en peligro de extinción en otros países (Goward, 1996; Leshner *et al.* 2000), desafortunadamente, en México aún no se cuenta con una lista roja de especies liquénicas.

A la fecha se ha recopilado una lista de 30 especies (Tabla 1) de los Órdenes Lecanorales, Candelariales y Teloschistales, siendo el más abundante el orden Lecanorales con 77% del total. De las cinco Familias representadas (Candelariaceae, Lecideaceae, Parmeliaceae, Physciaceae y Teloschistaceae), el 61% de las especies corresponde a Parmeliaceae, la cual incluye a 4 de los doce géneros encontrados: *Canoparmelia*, *Flavopunctelia*, *Punctelia* y *Xanthoparmelia*. Éste último con el mayor número de especies (11) que representan el 36% del total de las especies recolectadas.

En cuanto a la proporción de formas de crecimiento, las formas foliosas dominan el paisaje, tanto en roca como en corteza, representando el 80% de la recolección, sin embargo es de esperarse que la proporción de líquenes costrosos aumente al incluirse muestreos de ambientes más restringidos como huecos e incluso suelo en las grietas de las rocas. Por otra parte, es de notar la ausencia de especies con forma de crecimiento fruticoso.

Tabla 1. Lista preliminar de especies líquénicas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Angel
 FC = forma de crecimiento: 1 costroso; 2 folioso. S = sustrato: re roca expuesta; c corteza.

Especie	Orden	Familia	FC	S
<i>Caloplaca citrina</i> (Hoffm.) Th. Fr.	Teloschistales	Teloschistaceae	1	re
<i>Caloplaca cf. velana</i> (A. Massal.) Du Rietz	Teloschistales	Teloschistaceae	1	re
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) B. Stein.	Candelariales	Candelariaceae	2	c
<i>Candelaria</i> sp.	Candelariales	Candelariaceae	2	c
<i>Candelina submexicana</i> de Lesd.	Candelariales	Candelariaceae	1	re
<i>Candelariella</i> sp.	Candelariales	Candelariaceae	1	c
<i>Canoparmelia carneopruinata</i> (Zahlbr.) Elix & Hale	Lecanorales	Parmeliaceae	2	c
<i>Canoparmelia texana</i> (Tuck.) Elix & Hale	Lecanorales	Parmeliaceae	2	c
<i>Flavopunctelia flaventior</i> (Stirt.) Hale	Lecanorales	Parmeliaceae	2	c
<i>Flavopunctelia soledica</i> (Nyl.) Hale	Lecanorales	Parmeliaceae	2	c
<i>Flavopunctelia</i> sp.	Lecanorales	Parmeliaceae	2	c
<i>Heterodermia albicans</i> (Pers.) Swinscow & Krog	Lecanorales	Physciaceae	2	c
<i>Heterodermia pseudospeciosa</i> (Krurok.) W. L. Culb.	Lecanorales	Physciaceae	2	c
<i>Lecidea</i> sp	Lecanorales	Lecideaceae	1	re
<i>Lepraria</i> sp	Insertae sedis	Insertae sedis	1	c
<i>Punctelia perreticulata</i> (Räsänen) G. Wilh. & Ladd.	Lecanorales	Parmeliaceae	2	c
<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog	Lecanorales	Parmeliaceae	2	c
<i>Physcia aipolia</i> (Humb.) Fürnröhr	Lecanorales	Physciaceae	2	c
<i>Physcia crispa</i> Nyl.	Lecanorales	Physciaceae	2	c
<i>Xanthoparmelia amableana</i> (Gyeln.) Hale	Lecanorales	Parmeliaceae	2	re
<i>Xanthoparmelia coloradoensis</i> (Gyeln.) Hale	Lecanorales	Parmeliaceae	2	re
<i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ach.) Hale	Lecanorales	Parmeliaceae	2	re
<i>Xanthoparmelia incerta</i> (Kurok. & Filson) Elix & J. Johnst	Lecanorales	Parmeliaceae	2	re
<i>Xanthoparmelia isidiigera</i> (Müll. Arg.) Elix & J. Johnst	Lecanorales	Parmeliaceae	2	re
<i>Xanthoparmelia lineola</i> (E. C. Berry) Hale	Lecanorales	Parmeliaceae	2	re
<i>Xanthoparmelia subcumberlandia</i> Elix & T. H. Nash	Lecanorales	Parmeliaceae	2	re
<i>Xanthoparmelia mexicana</i> (Gyeln.) Hale	Lecanorales	Parmeliaceae	2	re
<i>Xanthoparmelia neoconspersa</i> (Gyeln.) Hale	Lecanorales	Parmeliaceae	2	re
<i>Xanthoparmelia tinctina</i> (Maheu & Gillet) Hale	Lecanorales	Parmeliaceae	2	re
<i>Xanthoparmelia plittii</i> (Gyeln.) Hale	Lecanorales	Parmeliaceae	2	re

La mitad de las especies reportadas crece en corteza y la mitad en roca, prevaleciendo en ambos sustratos las especies de la familia Parmeliaceae. La alta proporción de parmeliáceos saxícolas se debe a la preponderancia del género *Xanthoparmelia* en este sustrato. En corteza los géneros más comunes son *Canoparmelia*, *Flavopunctelia* y *Punctelia* (Parmeliaceae), *Heterdermia* y *Physcia* (Physciaceae), además de *Candelaria* (Candelariaceae). Los líquenes costrosos que destacan corresponden a las familias Teloschistaceae y Candelariaceae, de la primera el género *Caloplaca* es el más abundante en roca y de la segunda sobresale el género *Candelina*; mientras que en corteza *Candelariella* es la costra encontrada más frecuentemente.

No obstante el carácter preliminar de este tratamiento, nos lleva a suponer que el Pedregal alberga una diversidad líquénica potencialmente alta (ver figuras 1-5), debido a la preservación de diversos microhábitats, lo que nos permite valorarlo como un posible refugio para algunas especies, considerando su localización en una zona de la meseta central donde la vegetación natural ha sido severamente alterada y sometida a una alta contaminación atmosférica; factor que, por otra parte, afecta particularmente la presencia de especies sensibles como las del género *Usnea*, aún no encontradas en la zona, por lo que también podría utilizarse como una región de referencia en estudios de calidad de aire que empleen a los líquenes como bioindicadores.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dra. Ester Gaya, Duke University, por su asistencia en la determinación de las especies del género *Caloplaca*, a los fotógrafos Biól. Carmen Loyola Blanco y Arq. Psj. Pedro Camarena y al Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM por las facilidades otorgadas para el desarrollo de este proyecto.

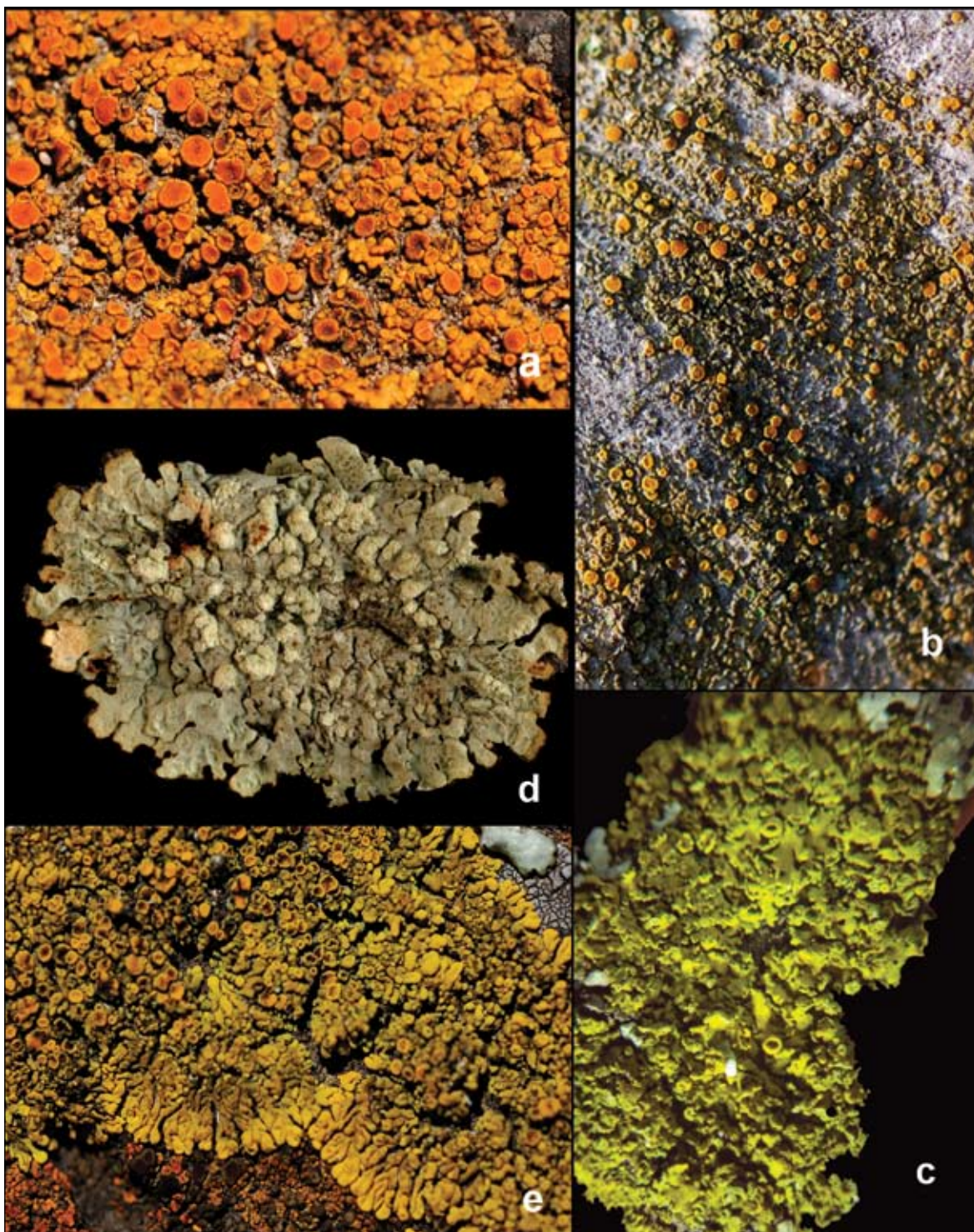


Fig. 1. a) *Caloplaca* sp. b) *Candelaria* sp. c) *Candelaria concolor*. d) *Canoparmelia carneopruinata*. e) *Candelina submexicana*.
Fotos: a, b, e: Camarena y Herrera-Campos; d: Loyola y Herrera-Campos, c: Herrera-Campos.

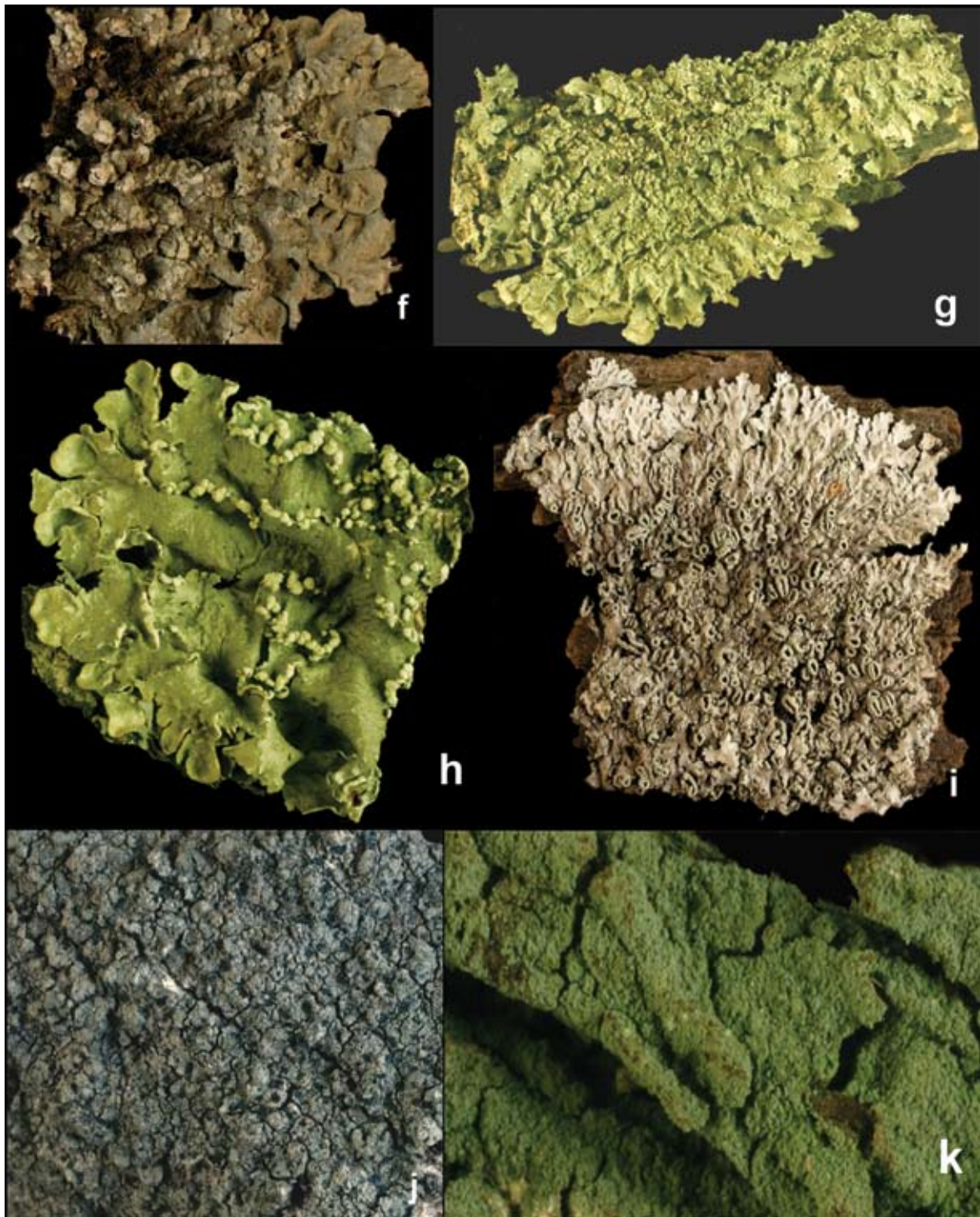


Fig. 2. f) *Canoparmelia texana*. g) *Flavopunctelia flaventior*. h) *Flavopunctelia soledica*. i) *Heterodermia pseudospeciosa*. j) *Lecidea* sp. k) *Lepraria* sp.

Fotos: Loyola y Herrera-Campos

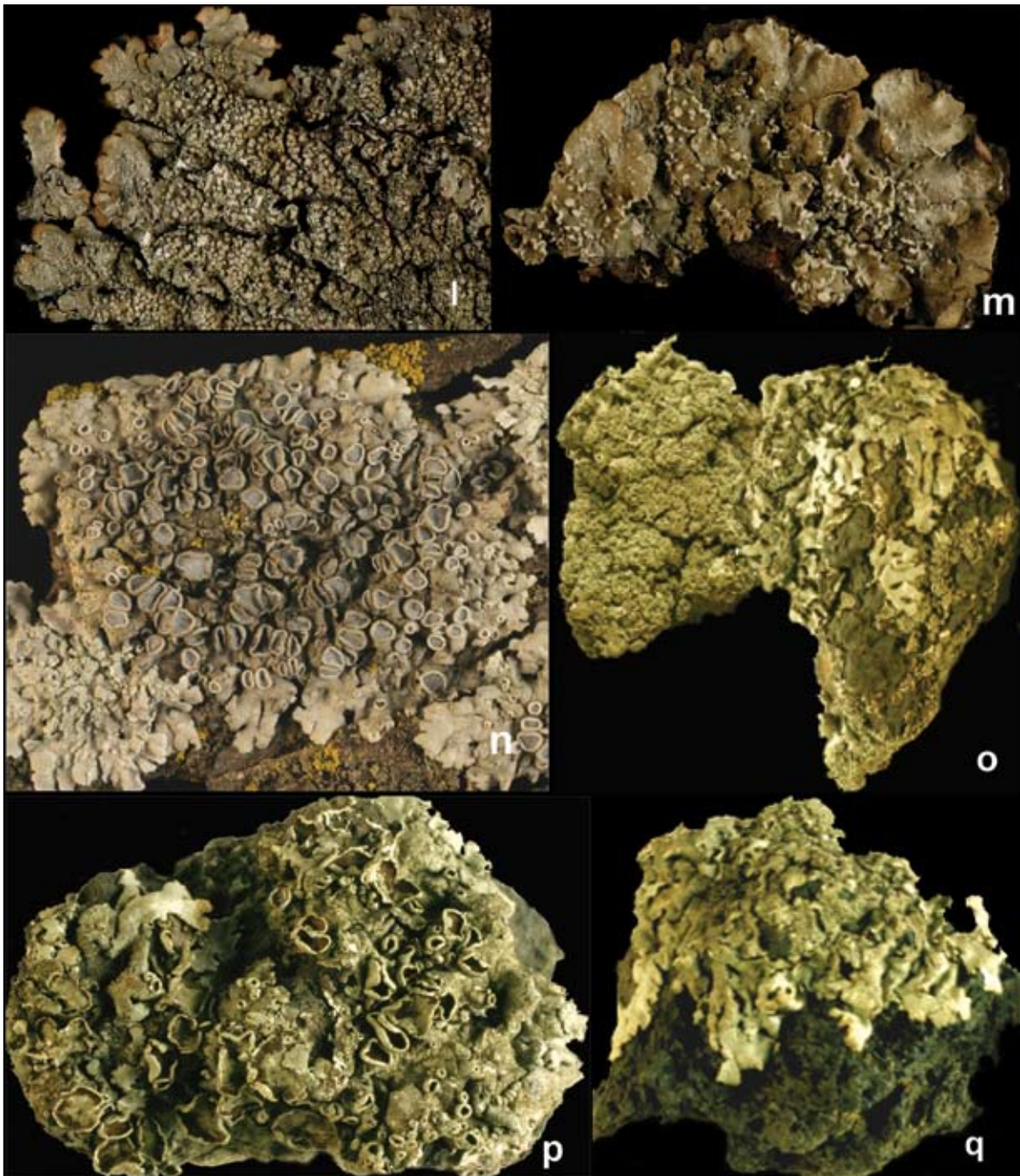


Fig. 3. l) *Punctelia perreticulata*. m) *Punctelia subrudecta*. n) *Physcia aipolia*. o) *Xanthoparmelia conspersa*. p) *Xanthoparmelia lineola*. q) *Xanthoparmelia mexicana*.

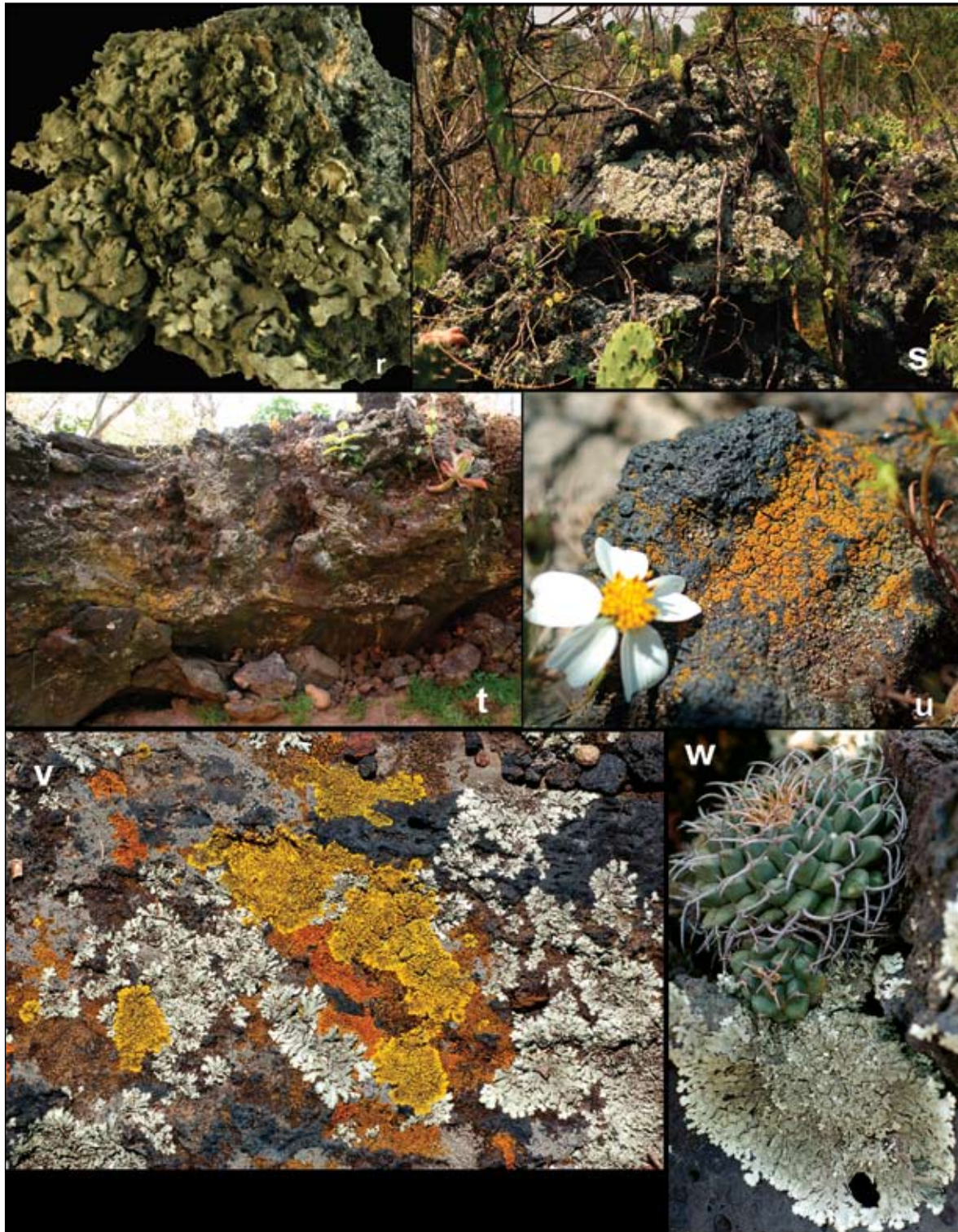


Fig. 4. r) *Xanthoparmelia plittii*. Crecimiento de líquenes saxícolas: s) *Xanthoparmelia* sp., t) Aspecto general de distintas especies saxícolas, u) *Caloplaca* sp., v) Comunidad saxícola de *Candelina* y *Xanthoparmelia*. w) *Xanthoparmelia* sp. Fotos: r,t, v: Loyola y Herrera-Campos; s, u, w: Camarena y Herrera-Campos



Fig. 5. Aspecto del crecimiento de líquenes cortícolas. x) *Candelaria* sp. en *Opuntia* sp. y-z') Comunidad de *Candelaria* sp., *Heterodermia* spp. y *Physcia* spp. en *Eysenhardtia polystachya* (y) y *Fraxinus uhdei* (z,z').
Fotos: x, y: Camarena y Herrera-Campos; z, z': Loyola y Herrera-Campos.

Literatura citada

- AHMADJIAN, V. 1987. Coevolution in lichens. *Annals of New York Academy of Sciences* **503**: 307-315.
- AHMADJIAN, V. 1993. The lichen photobiont –what can it tell us about lichen systematics? *The Bryologist* **96**:310-313.
- AHMADJIAN, V. Y S. PARACER. 1986. Symbiosis. An Introduction to Biological Associations. Hanover University Press, New England.
- BÁRCENAS-PEÑA, A. 2004. Los líquenes folícolos como indicadores de la zonación altitudinal y efecto de elevación de masas en el Volcán San Martín Tuxtla, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Morelos, México.
- BARRENO, R. E., M. A., HERRERA-CAMPOS, F. GARCÍA-BREIJO, F. GASULLA Y J. REIG-ARMIÑANA. 2008. Non-photosynthetic bacteria associated to cortical structures on *Ramalina* and *Usnea* thalli from Mexico. Miscellaneous Publication No. 2008. American Bryological and Lichenological Society and International Association for Lichenology, Tempe AZ. p6.
- BERMÚDEZ DE CASTRO, F., A. MÜLLER, Y M. F. SCHMITZ, 1990. Líquenes fijadores de nitrógeno atmosférico. *Ecología* **4**: 131–141.
- BRETSCHNEIDER, S. Y V. MARCANO. 1995. Utilización de líquenes como indicadores de contaminación por metales pesados y otros agentes en el valle de Mérida. *Rev. For. Venezolana* **1**: 35–36.
- BRODO, I., S. D. SHARNOFF Y S. SHARNOFF. 2001. Lichens of North America. Yale University Press. New Haven and London.
- COLEY, P. D. Y T. A. KURSAR, 1996. Causes and consequences of epiphyll colonization. P.p. 337–362. En: Mulkey, S. S., Chazdon, R. L. y Smith, A. P. (eds.). Tropical Forest Plant Ecophysiology. Chapman & Hall, New York.
- CONTI, M. E. Y CECCHETTI, G. 2001. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment. A review. *Environm. Pollut* **114**: 471–492.
- CULBERSON, W. L. 1969. Chemical and botanical guide to lichen products. Chapel Hill. The University of Carolina Press.
- CULBERSON, W. L. 1970. Chemosystematics and ecology of lichen-forming fungi. *Annual Review of Ecology and Systematics* **1**: 153-170.
- CULBERSON, W. L. 1986. Chemistry and sibling speciation in the lichen-forming fungi: ecological and biological considerations. *The Bryologist* **89**: 123-131.
- CULBERSON, W. L. Y C. F., CULBERSON. 1994. Secondary metabolites as a tool in ascomycete systematics: Lichenized Fungi. Pp. 155-163. En: Hawksworth, D. L. (ed.) Ascomycete Systematics. Problems and Perspectives in the Nineties. NATO ASI Series. Series A: Life Sciences Vol. 269. Plenum Press, New York.
- CZEZUGA, B., B. D. RYAN, R. W. SPJUT, J. A. W. FLOCK, W. A. WEBER, C. W. BEASLEY, R. E. SHOWMAN, R. D. WORTHINGTON Y V. L. BOUCHER. 1997. Carotenoids in lichens from the United States of America and Mexico. *Feddes Repertorium* **108**: 401-417.
- ELIX, J. A. 1996. Biochemistry and secondary metabolites. P.p. 154-180. En Lichen Biology. T. H. Nash III (ed.) New York. Cambridge University Press.
- ERIKSSON, O. E., H. O. BARAL, R. S. CURRAH, K. HANSEN, C. P. KURTZMAN, T. LAESSOE, G. RAMBOLD, 2002: Notes on Ascomycete systematics Nos. 3303-3579. *Myconet* **8**: 1-26.
- FERREIRA, M. E. M. C. 1981. Estudo Biogeografico de Liquens como Indicadores de Poluicao do Ar em Cubatao. Masters Thesis, Department of Geography, University of Sao Paulo.
- FRITZ-SHERIDAN, R. P. 1988. Nitrogen fixation on a tropical volcano, La Soufriere: nitrogen fixation by the pioneer lichen *Dictyonema glabratum*. *Lichenologist* **20**: 96–100.
- FORMAN, R. T. T. 1975. Canopy lichens with blue-green algae: a nitrogen source in a Colombian rain forest. *Ecology* **56**: 1176–1184.
- GARGAS, A., DEPRIEST, P. T., GRUBE, M. Y TEHLER, A. 1995. Multiple origins of lichen symbioses in fungi suggested by SSU rDNA phylogeny. *Science* **268**: 1492–1495.
- GOWARD, T. Y A. ARSENAULT. 2000. Inland old-growth rain forests: Safe havens for rare lichens? P.p. 759-766. En: Darling, L. M. (ed.) Proceedings of Conference on the Biology and Management of Species and Habitats at Risk, Kamloops, B. C. Vol. II. B. C. Ministry of Environment, Lands and Parks, Victoria, B. C. & College of the Caribou, Kamloops, B.C.
- GOWARD, T. 1996. Lichens of British Columbia: rare species and priorities inventory. British Columbia Ministry

- of Forests Research Branch. British Columbia Ministry of Environment, Lands and Parks Habitat Protection Branch, Victoria, British Columbia. Work Paper. 08/996.
- HALE, M., JR. 1983. The biology of lichens. London. Edward Arnold.
- HAWKSWORTH, D. L. Y F. ROSE. 1976. Lichens as Pollution Monitors. Edward Arnold, London.
- HAWKSWORTH, D. L. Y SEAWARD, M. R. D. 1990. Twenty-five years of lichen mapping in Great Britain and Ireland. *Stuttg. Beitr. Naturk. Ser. A.* **456**: 5–10.
- HERRERA-CAMPOS, M. A. Y T. H. NASH III. 2000. Sistemática, diversidad y filogenia de líquenes. P.p. 305-329. En: Hernández, H. M., A. N. García Aldrete, F. Álvarez y M. Ulloa (eds.) Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad. Instituto de Biología, UNAM. México.
- HERRERA-CAMPOS, M. A. Y R. LÜCKING. 2002. The foliicolous lichen flora of Mexico. I. New species from Los Tuxtlas Tropical Biology Station, Veracruz. *Lichenologist* **34**: 211-222.
- HERRERA-CAMPOS, M. A. Y R. LÜCKING. 2003. The foliicolous flora of Mexico. II. New species from the montane forest in Oaxaca and Puebla. *The Bryologist* **106** (1):1-8.
- HERRERA-CAMPOS, M. A., R. LÜCKING Y S. HUHNDORF. 2004 a. The foliicolous lichen flora of Mexico. IV: a new species of *Pyrenothrix*. *Mycologia* **97**:356-361.
- HERRERA-CAMPOS, M. A., P. M. COLÍN, A. BARCENAS PEÑA Y R. LÜCKING. 2004 b. The foliicolous lichen flora of Mexico. III. New species from Volcán San Martín Tuxtla (Sierra de Los Tuxtlas), Veracruz, with notes on *Fellhanera santessonii*. *Phyton (Horn)* **44**: 167-318.
- HERRERA-CAMPOS, M. A., R. LÜCKING, R. E. PÉREZ-PÉREZ, A. CAMPOS, P. M. COLÍN Y A. BARCENAS PEÑA, 2004 c. The foliicolous lichen flora of Mexico. V. Biogeographical affinities, altitudinal preferences, and an updated checklist of 293 species. *The Lichenologist* **36**:309-327.
- HERRERA-CAMPOS, M. A., S. HUHNDORF Y R. LÜCKING. 2005: The foliicolous lichen flora of Mexico IV: a new foliicolous species of *Pyrenothrix* (Chaetothyriales: Pyrenothrichaceae). - *Mycologia* **97**(2): 356-361.
- HIBBETT, D. S., BINDER, M., BISCHOFF, J. F., BLACKWELL, M., CANNON, P. F., ERIKSSON, O. E., HUHNDORF, S., JAMES, T., KIRK, P. M., LÜCKING, R., LUMBSCH, H. T., LUTZONI, F., MATHENY, P. B., MCLAUGHLIN, D. J., POWELL, M. J., REDHEAD, S., SCHOCH, C. L. *et al.* 2007. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. *Mycological Research* **111**: 509-547.
- HOFSTETTER, V., J. MIADLIKOWSKA, F. KAUFF, F. LUTZONI. 2007. Phylogenetic comparison of protein-coding versus ribosomal RNA-coding sequence data: A case study of the Lecanoromycetes (Ascomycota). *Molecular Phylogenetics and Evolution* **44**: 412-426.
- JAMES, T. Y., KAUFF, F., SCHOCH, C., MATHENY, P. B., HOFSTETTER, V., COX, C. J., CELIO, G., GUIEDAN, C., FRAKER, E., MIADLIKOWSKA, J., LUMBSCH, H. T., RAUHUT, A., REEB, V., ARNOLD, A. E., AMTOFT, A., STAJICH, J. E., HOSAKA, K., SUNG, G.-H., JOHNSON, D., O'ROURKE, B., BINDER, M., CURTIS, J. M., SLOT, J. C., WANG, Z., WILSON, A. W., SCHÜSSLER, A., LONGCORE, J. E., O'DONNELL, K., MOZLEY-STANDRIDGE, S., PORTER, D., LETCHER, P. M., POWELL, M. J., TAYLOR, J. W., WHITE, M. M., GRIFFITH, G. W., DAVIES, D. R., SUGIYAMA, J., ROSSMAN, A. Y., ROGERS, J. D., PFISTER, D. H., HEWITT, D., HANSEN, K., HAMBLETON, S., SHOEMAKER, R. A., KOHLMAYER, J., VOLKMANN-KOHLMEYER, B., SPOTTS, R. A., SERDANI, M., CROUS, P. W., HUGHES, K. W., MATSUURA, K., LANGER, E., LANGER, G., UNTEREINER, W. A., LÜCKING, R., BÜDEL, B., GEISER, D. M., APTROOT, A., BUCK, W. R., COLE, M. S., DIEDERICH, P., PRINTZEN, C., SCHMITT, I., SCHULTZ, M., YAHR, R., ZAVARZIN, A., HIBBETT, D. S., LUTZONI, F., MCLAUGHLIN, D. J., SPATAFORA, J. W. Y VILGALYS, R. 2006. Reconstructing the early evolution of the fungi using a six gene phylogeny. *Nature* **443**: 818–822.
- JONES, D. 1988. Lichens and Pedogenesis. P.p. 109-126. En Handbook of Lichenology. M. Galum (ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida .
- KNOPS, J. M. H. Y T. H. NASH III. 1996. The influence of epiphytic lichens on the nutrient cycling of an oak woodland. *Ecological Monographs* **66** (2): 159-179.
- LAWREY, D. J. 1984. Biology of lichenized fungi. New York. Praeger.
- LESHER, R., CH. DERR, Y L. GEISER, 2000. Management recommendations for survey and manage Lichens. United States Department of Agriculture. Forest Service. Bureau of Land Management. United States Department of Interior.
- LONGTON, R. E. 1992. The role of bryophytes and lichens in terrestrial ecosystems. P.p. 32–76. En Bates, J. W. y Farmer, A. M. (eds.). Bryophytes and Lichens in a Changing Environment. Clarendon Press, Oxford.

- LÜCKING, R., E. SÉRUSIAUX Y A. VĚZDA. 2005. Phylogeny and systematics of the lichen family Gomphillaceae (Otopales) inferred from cladistic analysis of phenotype data. *The Lichenologist* **37**: 123-170.
- LUTZONI, F. Y R. VILGALYS. 1995 a. Omphalina (Basidiomycota, Agaricales) as a model system for the study of coevolution in lichens. *Cryptogamic Botany* **5**: 71-81.
- LUTZONI, F. Y R. VILGALYS. 1995 b. Integration of morphological and molecular data sets in estimating fungal phylogenies. *Cryptogamic Botany* **73** (Supp. 1): S649-S659.
- LUTZONI, F., M. PAGEL Y V. REEB. 2001. Major fungal lineages are derived from lichen symbiotic ancestors. *Nature* **411**: 937-940.
- LUTZONI *et al.* (más de 40 autores). 2004. Assembling the fungal tree of life: progress, classification, and evolution of subcellular traits. *American Journal of Botany* **91**: 1446-1480.
- MARCELLI, M. P. 1998. History and current knowledge of Brazilian lichenology. P.p. 25-45. En: Marcelli, M. P. y M. R. D. Seaward (eds.) *Lichenology in Latin America. History, current knowledge and application.* São Paulo: CETESB.
- MIADLIKOWSKA, J., KAUFF, F., HOFSTETTER, V., FRAKER, E., GRUBE, M., HAFELLNER, J., REEB, V., HODKINSON, B. P., KUKWA, M., LÜCKING, R., HESTMARK, G., OTALORA, M. G., RAUHUT, A., BÜDEL, B., SCHEIDEGGER, C., TIMDAL, E., STENROOS, S., BRODO, I., PERLMUTTER, G. B., ERTZ, D., DIEDERICH, P., LENDEMER, J. C., TRIPP, E., YAHR, R., MAY, P., GUEIDAN, C., ARNOLD, A. E., ROBERTSON, C. Y LUTZONI, F. 2006. New insights into classification and evolution of the Lecanoromycetes (Pezizomycotina, Ascomycota) from phylogenetic analyses of three ribosomal RNA- and two protein-coding genes. *Mycologia* **98**: 1088-1103.
- MOJICA-GUZMÁN, A. Y R. M. JOHANSEN. 1990. Successional studies of thrips (Insecta) in lichens and mosses from five localities at the Sierra Madre Oriental from the state of Hidalgo, Mexico. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, ser. Zool.* **61**: 197-256.
- MONGE-NAJERA, J., M. I. GONZÁLEZ, M. R. ROSSI Y V. H. MÉNDEZ-ESTRADA. 2002 a. Twenty years of lichen cover change in a tropical habitat (Costa Rica) and its relation with air pollution. *Revista Biología Tropical* **50**: 309-319.
- MONGE-NAJERA, J., M. I. GONZÁLEZ, M. R. ROSSI Y V. H. MÉNDEZ-ESTRADA. 2002 b. A new method to assess air pollution using lichens as bioindicators. *Revista Biología Tropical* **50**: 321-325.
- NADKARNI, N. M. 2000. Colonization of stripped branch surfaces by epiphytes in a lower montane cloud forest, Monteverde, Costa Rica. *Biotropica* **32**: 358-363.
- NADKARNI, N. M. Y T. J. MATELSON. 1992. Biomass and nutrients dynamics of epiphytic litterfall in a neotropical montane rain forest, Costa Rica. *Biotropica* **24**: 24-30.
- NASH III, T. H., B. D. RYAN, C. GRIES Y F. BUNGARTZ (EDS). 2002. *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert. Vol. 1. Lichens Unlimited.* Arizona State University. Tempe, Arizona. 532 pp
- NASH, T. H., B. D. RYAN, P. DIEDERICH, C. GRIES Y F. BUNGARTZ (EDS). 2004. *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert. Vol. 2. Lichens Unlimited.* Arizona State University. Tempe, Arizona. 742 pp.
- NASH, T. H., C. GRIES Y F. BUNGARTZ (EDS). 2007. *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert. Vol. 3. Lichens Unlimited.* Arizona State University. Tempe, Arizona. 567 pp.
- NASH III, T. H. 2008 a. Introduction. P.p.1-8. En: T. H. Nash III (ed.). *Lichen Biology.* 2nd. ed. Cambridge University Press, United Kingdom.
- NASH III, T. H. 2008 b. Nitrogen, its metabolism and potential contribution to ecosystems. P.p.216-233. En: T. H. Nash III (ed.). *Lichen Biology.* 2nd. ed. Cambridge University Press, United Kingdom.
- NASH III, T. H. 2008 c. Nutrients, elemental accumulation, and mineral cycling. En: T. H. Nash III (ed.). *Lichen Biology.* pp.234-251. 2nd. ed. Cambridge University Press, United Kingdom.
- NIMIS, P. L., C. SCHEIDEGGER Y P. A. WOLSELEY. (EDS.) 2002. *Monitoring with Lichens* Monitoring Lichens. Nato Science Series. IV. Earth and Environmental Sciences, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- PÉREZ-PÉREZ, R. E. Y M. A. HERRERA-CAMPOS. 2004. Macrolíquenes de los bosques de la Sierra de Juárez. P.p.327-332. En: García-Mendoza, A., M. J. Ordóñez y M. A. Briones (eds.). *Biodiversidad Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza- World Wildlife Fund (WWF), México.*
- PÉREZ-PÉREZ, R. E. 2005. Impacto del manejo forestal en los macrolíquenes cortícolas de *Pinus patula* (SCLH. &

- CHAM) en la Sierra de Juárez, Oaxaca. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Morelos, México.
- PÓCS, T. 1980. The epiphytic biomass and its effect on the water balance of two rain forest types in the Uluguru Mountains (Tanzania, East Africa). *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* **26**: 143–167.
- POELT, J. 1994. Different species types in lichenized ascomycetes. P.p. 273-278. En: Hawksworth, D. L. (ed.) *Ascomycetes Systematics: Problems and Perspectives*. Plenum Press, New York.
- PURVIS, O. W. 1997. The species concept in lichens. P.p. 109-133. En: Claridge M. F., H. A. Dawah y M. R. Wilson (eds.) *The units of biodiversity*. New York: Chapman.
- RESERVA ECOLÓGICA DEL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL REPSA. <http://www.repsa.unam.mx/>
- RODRÍGUEZ, V. A. Y S. R. ROSALES. 1995. Estudio químico de líquenes procedentes de una zona minera abandonada en Michoacán, México. *Revista Forestal Venezolana* **1**: 38.
- ROJO, A. Y J. RODRÍGUEZ. 2002. La flora del Pedregal de San Ángel. SEMARNAT, Instituto de Ecología. México. 95 pp.
- RYAN, B., T. H. NASH III Y M. A. HERRERA-CAMPOS. 1996. <http://lichen.la.asu.edu/sonoran.desert/checkmex/>
- RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa, México, D. F. 431. pp
- SCOTT, G. D. 1973. Evolutionary aspects of symbiosis. En V. Ahmadjian. y M. Hale (eds.), *The Lichens*. New York. Academic Press.
- SEAWARD, M. R. D. 2008. Environmental role of lichens. En: T. H. Nash III (ed.). *Lichen Biology*. pp.274-298. 2nd. Ed. Cambridge University Press, United Kingdom.
- SIPMAN, H. J. M. Y H. D. WOLF. 1998. Provisional checklist for the lichens of Chiapas. *Acta Botanica Mexicana* **45**:1-29.
- TEHLER, A. 1983. The genera *Dirina* and *Roccellina* (Roccellaceae). *Opera Botanica* **70**: 1-86.
- TEHLER, A. 1996. Systematics, phylogeny and classification. P.p.217-239. En: Nash III, T. H. (ed.) *Lichen Biology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- ZAMBRANO, A., T. H. NASH III Y M. A. HERRERA-CAMPOS, 2000. Lichen decline in Desierto de los Leones, Mexico City. *Bryologist* **103**:428-441.
- ZAMBRANO, A., T. H. NASH, Y M. A. HERRERA-CAMPOS. 2002. Lichen and air pollution in the forests surrounding Mexico City. P.p. 283-297. En: M. Fenn, L. I. De Bauer y T. Hernández-Tejeda (eds). *Urban Air Pollution and Forests: Resources at Risk in the Mexico City Air Basin*. Springer Verlag, New York.

Macromicetos

Víctor Hugo Valenzuela ¹, Teófilo Herrera ² y Evangelina Pérez-Silva²

Facultad de Ciencias ¹ y Laboratorio de Micología ², Departamento de Botánica, Instituto de Biología,
Universidad Nacional Autónoma de México
vhvg@ibiologia.unam.mx

Introducción

En Ciudad Universitaria tenemos una vasta área de un ecosistema natural, con una comunidad biológica única en el mundo, que ha dado lugar a comunidades de hongos, plantas y animales; a esta área se le conoce como Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) y, constituye un patrimonio universitario.

El Pedregal de San Ángel es uno de los nombres con que se ha designado un área del sur de la Cuenca de México, cubierta por una gruesa capa de lava, producto de la erupción del volcán Xitle, que aconteció hace aproximadamente 2000 años. Sus límites altitudinales están comprendidos entre 2250-3100 m. Esta última altitud en la parte del cono volcánico. La zona de estudio tiene una altitud de 2250-2300 m.

Cuando la cubierta basáltica es delgada, de manera que cualquier grieta o hendidura permite el paso de las raíces hacia el suelo situado por debajo, se establece el estrato arbóreo formado por *Quercus rugosa* que, en general, es escaso y de tipo modificado (Rzedowski, 1954). Debido a que el grosor de la lava no permite establecer contacto entre la capa superficial y la inferior, las plantas se tienen que adaptar a las condiciones adversas de la superficie de las rocas.

En esta Reserva la biodiversidad es alta. No obstante lo reducido del área, se puede apreciar un significativo desarrollo de las especies de hongos. En la gran diversidad

de hábitat que ofrece la superficie de la lava, se pueden distinguir numerosos macrohábitat y microhábitat.

Los macrohábitat dependen de las condiciones macroclimáticas y, en particular, de la altitud y la vegetación. Los microhábitat dependen de la forma de las superficies, así como del grosor, de la textura y de la cantidad de suelo acumulado en las oquedades, en las que se desarrollan hongos, líquenes y plantas (Rojo, 1994).

Cabe mencionar que estos son estudios pioneros en el país y en el mundo ya que casi nadie había reportado la presencia de hongos en un pedregal.

La presente contribución representa un avance sobre los macromicetos encontrados a la fecha y por lo tanto actualiza la lista de especies. En general los objetivos de las investigaciones llevadas a cabo en el Laboratorio de Micología del Instituto de Biología, sobre diversidad y ecología de hongos del Pedregal han sido los siguientes:

- 1) Determinar taxonómicamente las especies de hongos que habitan en la Reserva del Pedregal de San Ángel, y
- 2) Desarrollar estudios con un enfoque ecológico, localizando principalmente a las especies que crecen alrededor de los árboles y arbustos e incluyendo los que se desarrollan sobre plantas ya sea en troncos, ramas u hojas para observar si existe algún tipo de asociación.

Materiales y métodos

El área de estudio en la Reserva es de 146 hectáreas aproximadamente. Está dividida en dos partes: la Zona Núcleo Poniente con 94 hectáreas aproximadamente, que es la parte de la Reserva donde se ha recolectado con mayor frecuencia y, la Zona Núcleo Oriente, que cuenta con 52 hectáreas aproximadamente.

Se utilizó un mapa de la Ciudad Universitaria, una brújula y un geoposicionador para conocer la orientación y la posición de los sitios de recolección. El estudio se inició en el mes de julio de 2001, porque a partir de este mes son más constantes las lluvias y los hongos del Pedregal sólo aparecen en esta época con mayor precipitación y humedad.

Los muestreos se hicieron recolectando hongos aproximadamente cada diez días, considerando que en este lapso podrían aparecer especies diferentes, aunque algunas pueden ser constantes durante un período prolongado, y en los años sucesivos.

El lugar de estudio se dividió por zonas (referencia para las especies en la Tabla 1), ya que en puntos cercanos se pueden tener diferencias en cuanto a la exposición al sol, la temperatura, la humedad, la composición del suelo y el pH. Debido a lo heterogéneo del terreno, se pueden encontrar grietas o cavidades de diferente profundidad, identificadas por las siguientes zonas verticales:

Zona 1: la parte superior, que ocasionalmente puede ser llana;

Zona 2: la parte que tiene una profundidad no mayor a 30 centímetros;

Zona 3: se considera la parte con una profundidad de 30 a 50 centímetros, y

Zona 4: se considera la parte con una profundidad mayor a medio metro.

Recolección de los hongos

Al recolectar los ejemplares se cuidó que estos se encuentren completos, ya que algunas estructuras características de ciertas especies se encuentran enterradas. Se colocaron dentro de bolsas y se acomodaron en una caja para facilitar su traslado al laboratorio: los ejemplares más grandes y pesados se ubicaron en el fondo,

cuidando con esto que los ejemplares más frágiles y pequeños no se maltraten.

Una vez realizada la caracterización microscópica y la toma de datos, se procedió al secado y deshidratación de los especímenes recolectados; esto se puede lograr colocando el material en una secadora, sometiéndolo a una temperatura comprendida entre 40-50 °C durante 24-48 hrs., o más, según el tamaño de los hongos.

La clasificación en familias se logró siguiendo los criterios de Singer (1986), Gilbertson y Ryvarden (1987), Hawksworth *et al.* (1995). El registro de los colores se tomó de acuerdo al código de colores de Kornerup y Wanscher (1978).

Se tomaron fotografías de los hongos frescos en su hábitat y se hizo el estudio taxonómico del material en el Laboratorio de Micología del Instituto de Biología siguiendo los métodos convencionales y la literatura citada en el trabajo.

El material se depositó en la Colección de Hongos del Herbario Nacional (MEXU), del Instituto de Biología de la UNAM.

Resultados y discusión

En la propagación de las especies de hongos en la Reserva, intervienen diversos vectores como aire, lluvia y algunos roedores que abundan en la zona.

Se encontraron varios tipos de sustratos sobre los que se desarrollan los hongos: madera (lignícola), hojarasca de plantas superiores (humícola) y directamente sobre la capa de suelo (terrícola).

Además de la información taxonómica de las 43 especies registradas, éstas tienen una importancia ecológica que ha sido poco estudiada. En esta ocasión se amplía el conocimiento de la distribución de varios macromicetos, al registrarse para el Distrito Federal (NR), algunas especies que sólo se conocían de otras entidades de la República Mexicana. En la figura 1 se ilustran algunas de las especies de macromicetos, recientemente registradas para el Distrito Federal, que se distribuyen en la REPSA.



FIG. 1) *Setchelliogaster rheophyllus*, 2) *Agaricus silvaticus*, 3) *Gymnopus confluens*, 4) *Agrocybe pediades*, 5) *Geastrum saccatum*, 6) *Coprinus plicatilis*

En la Tabla 1, se presenta la relación de las especies registradas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, documentada en los estudios anteriores, (Valenzuela *et al*, 2004; Herrera *et al*, 2006) y actualizada

en el presente trabajo. Se anota el tipo de hábitat, los meses de recolección y la zona ecológica a la que pertenecen; así como, si es un nuevo registro en el Distrito Federal (NR).

Tabla 1. Macromicetos del Pedregal de San Ángel (REPSA)

Taxón	Especie ilustrada Fig. 1	Nuevo Registro para el D. F.	Hábitat	Mes de recolección	Zona vertical
Basidiomycota					
Tremellaceae					
<i>Tremella lutescens</i> Fr.		NR	Humícola	Julio	1
Aphylophorales					
Gomphaceae					
<i>Ramaria stricta</i> (Fr.) var. <i>concolor</i> Corner			Humícola	Septiembre	3
<i>Ramaria gracilis</i> Burl.			Humícola	Septiembre	3
Sparassidaceae					
<i>Sparassis crispa</i> Wulf.: Fr			Lignícola	Julio Octubre	1
Polyporaceae					
<i>Polyporus tenuiculus</i> (Beauv.) Fr.			Lignícola	Julio	2
<i>Polyporus squamosus</i> Huds.: Fr.			Lignícola	Junio	2
Agaricales					
Hygrophoraceae					
<i>Hygrocybe conica</i> (Scop.: Fr.) Kummer			Terrícola	Agosto	3
Tricholomataceae					
<i>Marasmius oreades</i> (Bolton: Fr.) Fr.			Lignícola	Julio	3
<i>Gymnopus confluens</i> (Bers.) Antonin, Halling & Noordel	3		Humícola	Julio-Octubre	2
Agaricaceae					
<i>Agaricus placomyces</i> Peck.			Humícola	Agosto	1
<i>Agaricus porphyizon</i> Orton			Humícola	Septiembre	1
<i>Agaricus xanthoderma</i> Gen.		NR	Terrícola	Julio	1
<i>Agaricus silvaticus</i> Schaeff.: Fr.	2	NR	Terrícola	Octubre	1
<i>Agaricus arvensis</i> Schaeff.: Fr.		NR	Terrícola	Julio	1
Lepiotaceae					
<i>Chlorophyllum rhacodes</i> (Vitt.) Vellinga			Terrícola	Julio Septiembre	3

Taxón	Especie ilustrada Fig. 1	Nuevo Registro para el D. F.	Hábitat	Mes de recolección	Zona vertical
<i>Lepiota clypeolaria</i> (Bull.: Fr.) Kummer			Terrícola	Agosto	3
<i>Lepiota cristata</i> (Bolt.: Fr.) P. Kummer			Terrícola	Septiembre	3
<i>Lepiota acutescuamosa</i> (Winm.) Kummer			Terrícola	Octubre	2
Coprinaceae					
<i>Coprinus plicatilis</i> (Fr.: Curtis) Fr	6	NR	Lignícola	Octubre	1
<i>Coprinus xanthothrix</i> Romagn.		NR	Lignícola	Agosto-Septiembre	1
<i>Coprinus truncorum</i> . Schaeff.: Fr.		NR	Humícola	Julio - Agosto	1
<i>Psathyrella pseudocorrugis</i> Romagn.		NR	Humícola	Agosto	3
<i>Psathyrella pseudogracilis</i> Romagn.		NR	Humícola	Julio	3
Bolbitaceae					
<i>Agrocybe praecox</i> (Fr.: Pers.) Fayod			Terrícola	Agosto	2
<i>Agrocybe pediades</i> (Fr.) Fayod.	4	NR	Terrícola	Agosto	2
Strophariaceae					
<i>Hypholoma fasciculare</i> (Huds.: Fr.) Karst.			Lignícola	Julio	3
<i>Hypholoma aurantiacum</i> (Cooke) Guzmán: Sing.			Humícola	Julio-Octubre	3
Cortinariaceae					
<i>Inocybe fastigiata</i> Schaeff.: Fr.			Terrícola	Septiembre - Agosto	3
<i>Inocybe lucifuga</i> (Fr.) Kummer			Terrícola	Junio	4
<i>Inocybe obscura</i> (Pers.: Fr.) Kühner et Romagn.			Terrícola	Julio	4
<i>Inocybe trivialis</i> (Lange) Moser			Terrícola	Julio	3
<i>Setchelliogaster rheophyllus</i> (Bertault & Maleçon) Moreno & Kreisel.	1	NR	Terrícola	Julio-Septiembre	1
Russulaceae					
<i>Russula foetens</i> Fr.			Terrícola	Septiembre	1
<i>Russula grisea</i> (Pers.: Secr.) Fr.			Terrícola	Agosto	1
<i>Russula vesca</i> Fr.			Terrícola	Septiembre	1
Gasteromycetes					
Lycoperdaceae					
<i>Lycoperdon candidum</i> Pers.		NR	Humícola	Agosto-Septiembre	2
<i>Calvatia cyathiformis</i> (Bosc.) Morg.			Terrícola	Septiembre	1
<i>C. craniiformis</i> (Schw.) Fr.			Terrícola	Junio	2

Taxón	Especie ilustrada Fig. 1	Nuevo Registro para el D. F.	Hábitat	Mes de recolección	Zona vertical
Geastraceae					
<i>Geastrum saccatum</i> Fr.	5	NR	Humícola	Julio-Septiembre	2
<i>Geastrum pectinatum</i> Pers.			Humícola	Septiembre	3
Sclerodermataceae					
<i>Scleroderma areolatum</i> Ehrenb.			Humícola	Junio-Septiembre	2
Nidulariaceae					
<i>Cyathus olla</i> Pers.			Humícola	Julio-Agosto	1
Phallaceae					
<i>Phallus hadriani</i> Vent.: Pers.		NR	Humícola	Junio-Octubre	1

Literatura citada

- GILBERTSON, R. L. Y L. RYVARDEN, 1987. North American Polypores 2: pp 435-856. Fungiflora, Oslo.
- HERRERA, T., E. PÉREZ-SILVA Y V. H. VALENZUELA. 2006. Nueva contribución al conocimiento de los macromicetos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F., México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. **77**: 51-57
- HAWKSWORTH, D. L., P. M. KIRK, B. C. SUTTON Y D. N. PEGLER, 1995. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. 8th ed. CAB International. UK.
- KORNERUP, A. Y J. H. WANSCHER, 1978. Methuen Hand book of colour. Eyre Londres, 252p.
- ROJO, A. (comp.) 1994. Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel", ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 410 p.
- RZEDOWSKI, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (D. F., México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* **8**: 59-129.
- SINGER, R., 1986. The Agaricales in Modern Taxonomy. Fourth Ed. Koeltz, Scientific Books, Koenigstein, 981 p., 88 plates.
- VALENZUELA, V. H., T. HERRERA, E. PÉREZ-SILVA, 2004. Contribución al conocimiento de los macromicetos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. DF, México. *Revista Mexicana de Micología* **18**: 61-68.

Musgos y otras briofitas de importancia en la sucesión primaria

Claudio Delgadillo M. y Ángeles Cárdenas S.
Departamento de Botánica, Instituto de Biología,
Universidad Nacional Autónoma de México
moya@servidor.unam.mx

Introducción

Los pedregales o ‘malpais’ ofrecen la oportunidad de estudiar los cambios en la estructura de las comunidades vegetales durante la sucesión primaria y, con el tiempo, la respuesta de las plantas a las presiones selectivas. En el centro de México existen varios de esos pedregales que han recibido alguna atención. Entre ellos, son especialmente interesantes por su biodiversidad, el del Chichinautzin (como parte del Corredor Biológico Ajusco – Chichinautzin; Velázquez y Romero, 1999), el Pedregal de San Ángel (en el extremo sur de la Ciudad de México) y el Pedregal de las Vigas (en el Estado de Veracruz; Tryon *et al.*, 1973). En todos ellos, las briofitas son parte importante de las primeras etapas sucesionales, pero en ninguno se ha hecho un diagnóstico de las especies que intervienen. En esta contribución se presenta un listado preliminar de las briofitas *sensu lato* de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, con algunas observaciones sobre la sucesión primaria.

Observaciones sobre la sucesión primaria

A pesar de que el derrame de lava tiene una edad aproximada de 2500 años (Rzedowski, 1954), la intemperización del basalto en la zona de la Reserva ha sido insuficiente para formar una capa uniforme de suelo por lo que muchos sitios permanecen virtualmente desnudos. Se pueden apreciar depósitos de suelos de origen eólico y orgánico con proporciones variables de arena, limo y arcilla (Rzedowski, 1954) que se acumulan en las zonas más bajas o las que tienen poca inclinación.

Las briofitas son frecuentes en la Reserva. Se les observa desde los sitios expuestos y soleados hasta los sombreados y húmedos de las depresiones. También se encuentran en los sitios con pendiente, con buen drenaje y con poco suelo, o en donde se ha acumulado una capa de suelo que permite la ocupación de otras plantas. Sin embargo, existen dudas sobre si las briofitas son las primeras plantas que colonizan las rocas. En otros países usualmente se asume que los líquenes son los primeros colonizadores de rocas desnudas, pero también se sabe que pueden aparecer después de los musgos; en el primer caso, es posible que los líquenes costrosos no tengan mayor efecto en la sucesión porque su crecimiento es lento (Smith, 1982). Nuestras observaciones de campo indican que existen varias posibilidades en las que intervienen las briofitas.



Figura 1. Una o más especies de musgos puede compartir la colonización de las rocas con líquenes costrosos.

En algunos casos una o varias especies de musgos comparten la ocupación de las rocas desnudas con los líquenes costrosos (Fig. 1). En los sitios sombreados donde se acumulan partículas de suelo y donde se mantiene la humedad durante periodos más largos, las rocas son ocupadas por briofitas antes que los líquenes; estos últimos se establecen en áreas expuestas y más secas (Fig. 2). En otros casos, los líquenes que se establecen primero son invadidos por musgos. *Campylopus pilifer* Brid. se observa a menudo en los sitios soleados creciendo sobre los líquenes, aunque puede ocurrir la situación opuesta. En las grietas, donde se acumula arena o materia orgánica, la micro-sucesión avanza rápidamente (Fig. 2-4), mientras que en las superficies expuestas la etapa de musgo-liquen puede favorecer la fijación de plantas herbáceas pequeñas (Fig. 4). Es difícil establecer con certeza las siguientes etapas de la sucesión pues la topografía, exposición e inclinación de las rocas pueden dar lugar a eventos cíclicos. En la figura 5, las hepáticas taloides se establecieron sobre una superficie vertical; por su posición, las hepáticas pueden desprenderse y dejar la roca al descubierto y reiniciar así la sucesión.

En las superficies horizontales donde la acumulación de partículas es más rápida, las plantas herbáceas crecen rápidamente. Ahí pueden establecerse algunos musgos como *Bryocephospora aethiopica* (Welw. & Dub.) R. H. Zander, pero seguramente desaparecen rápidamente conforme se incrementa la cobertura de las plantas anuales. En la periferia de las zonas de acumulación de suelo pueden establecerse varias hepáticas y musgos. Entre las primeras son frecuentes *Riccia* spp. y *Oxymitra incrassata*



Figura 2. Los musgos y las primeras plantas de mayor porte ocupan los sitios húmedos donde se acumulan partículas de suelo; los líquenes crecen en los lugares más expuestos.



Figura 3. Las angiospermas pueden ocupar sitios donde hay acumulación de suelo.



Figura 4. En las fisuras también pueden establecerse helechos; los líquenes pueden ser invadidos por musgos.



Figura 5. En las superficies verticales, las hepáticas taloides pueden crecer abundantemente.

(Brot.) Sergio & Sim Sim; estas últimas muestran escamas blancas visibles en los márgenes de los talos y forman esporofitos sésiles (Bischler *et al.*, 2005) que entreabren la línea media y maduran hacia el final de la época de lluvias. En sitios más protegidos pueden encontrarse musgos como *Brachymenium mexicanum* Mont., a veces acompañado de *Bryum* sp.

De acuerdo con Smith (1982), no hay información sobre la forma de establecimiento de especies saxícolas, pero puede ser a través de esporas o fragmentos vegetativos. En el Pedregal de San Ángel la colonización por ambos métodos es factible. Todas las especies crecen en sitios cercanos y muchas de ellas producen esporofitos; los muestreos en la atmósfera de instalaciones universitarias y en el Jardín Botánico mostraron que existen aerosporas viables de *Bryum*, *Fissidens* y *Funaria* que se identificaron por cultivo en el laboratorio (Bautista, 1990). Los mecanismos de dispersión y llegada de las diásporas necesitan una cuidadosa consideración para determinar el origen, número y clase de organismos que pueden establecerse en los nichos abiertos del Pedregal e intervenir en la sucesión. Aunque el contingente de especies que se distribuye por el aire podría ser numeroso, los muestreos de las briofitas son insatisfactorios por el pequeño número de especies recuperadas de la atmósfera en la Reserva. Tales resultados pueden ser atribuidos a la hora de recolección, a la metodología de colecta y a complicaciones en el cultivo de esporas (Bautista, 1990).

En nuestra región, el rumbo de la sucesión podría dar lugar a encinares y a bosques de coníferas, pero las briofitas, particularmente los musgos, siempre estarán entre los primeros colonizadores de rocas. Los primeros estados pueden ser muy variables, dependiendo de la precipitación o de la humedad que se conserva en pequeñas cuevas o hendiduras. Sobre las rocas con inclinación pronunciada, pueden formar parte de comunidades clímax o dar lugar a una sucesión cíclica en la que pueden ir acompañados de hepáticas, especialmente de formas taloides como *Asterella* o *Targionia*.

La brioflora de la Reserva

La brioflora de la Reserva y las áreas adyacentes del *campus* universitario comprende 48 especies y variedades de musgos, 1 antocerote y 18 de hepáticas (ver Apéndice).

Por tratarse de una zona en cambio constante por la acción del hombre, el número de especies que componen su brioflora es incierto. Es probable que por la cercanía de las fuentes potenciales de diásporas, la presencia de muchas especies sea circunstancial o efímera, como en el caso de los musgos asociados a los sitios de construcción. No obstante, con el propósito de no ignorar su presencia, en el apéndice se incluyen todos los taxa representados en la Colección de Briofitas del Herbario Nacional (MEXU). Así, por ejemplo, *Bryum argenteum* Hedw., *Funaria hygrometrica* Hedw. y *Didymodon* spp. se colectaron en zonas perturbadas dentro o fuera de los terrenos de la Reserva; *Gymnostomum aeruginosum* Sm. y *Didymodon hampei* R. H. Zander se colectaron cerca de las construcciones. Además de las especies citadas que intervienen claramente en la sucesión, se distinguen las epifitas como *Fabronia ciliaris*, frecuente sobre los árboles de *Schinus* del *campus* universitario o en los *Fraxinus* del Jardín Botánico; y *Syntrichia pagorum* (Milde) Amann que por su tamaño pequeño a menudo es ignorada. De manera especial deben mencionarse los registros de especies tropicales en la Reserva: *Isodrepanium lentulum* (Wils.) Britt., *Leucoloma serrulatum* Brid., *Pilotrichella flexilis* (Hedw.) Aongstr., *Pilotrichum evanescens* (Müll. Hal.) Müll. Hal. y *Pirella guatemalensis* E. B. Bartram. Las cinco especies son parte de una muestra mezclada colectada en los terrenos adyacentes al Jardín Botánico por lo que se supone fueron introducidas con muestras de plantas vasculares. Es notable el registro de Sharp de *Pterobryopsis mexicana* (Renauld & Cardot) Fleisch. del Pedregal de Peña Pobre, en 1944; este taxon no se ha observado en la Reserva, pero se ha incluido en nuestro listado considerando la cercanía de la localidad original y porque los datos del hábitat, 'Wet fissures of lava', y las notas de campo del colector parecen inequívocos. Por último, entre las hepáticas es importante mencionar que Jovet-Ast (1981, 1991) y Bischler *et al.* (2005) citaron seis especies de *Riccia* colectadas en los terrenos del Jardín Botánico por Ruprecht Düll y otros. *Riccia dorsiverrucosa* Hässel citada en el listado de 1981, fue incluida en la sinonimia de *R. mauryana* Stephani por Jovet-Ast (1991). La diversidad del género *Riccia* en un área comparativamente reducida merece un estudio especial.

Literatura Citada

- BAUTISTA M., N.A. 1990. Comportamiento estacional de las aerosporas de musgos en el sur de la Ciudad de México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- BISCHLER, H., S. R. GRADSTEIN, S. JOVET-AST, D. G. LONG Y N. SALAZAR A. 2005. Marchantiidae. Flora Neotropica Monograph 97: 1-262.
- JOVET-AST, S. 1981. *Riccia* d'Amérique tropicale. *Occasional Papers of the Farlow Herbarium* **16**: 111-115.
- JOVET-AST, S. 1991. *Riccia* (Hépatiques, Marchantiales) d'Amérique Latine. Taxons du sous-genre *Riccia*. Cryptogamie, Bryologie et Lichénologie **12**: 189-370.
- RZEDOWSKI, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* **8**: 59-129.
- SMITH, A.J.E. (ED.) 1982. Bryophyte Ecology. Chapman and Hall. London.
- TRYON, R. B. VOELLER, A. TRYON Y R. RIBA. 1973. Fern Biology in Mexico (A class field program). *BioScience* **23**: 28-33
- VELÁZQUEZ, A. Y F.J. ROMERO (comp.). 1999. Biodiversidad de la Región de Montaña del sur de la Cuenca de México: Bases para el ordenamiento ecológico. Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco. México, D.F. 351 pp.

Apéndice

A continuación se enlistan las especies de briofitas que se han colectado en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y áreas adyacentes del campus de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se incluyen datos de su micro-hábitat.

Musgos

- Aloina hamulus* (Müll. Hal.) Broth. Suelo húmedo y compactado, en lugares expuestos.
- Barbula convoluta* Hedw. Suelo húmedo, cerca de banqueta o sobre lava.
- Brachymenium mexicanum* Mont. Sobre lava, en sitios húmedos y soleados.
- Brachythecium occidentale* (Hampe) A. Jaeg. Rocas, en lugares sombreados y húmedos.
- Brachythecium ruderales* (Brid.) W. R. Buck. Sobre rocas, en lugares sombreados y húmedos.
- Braunia secunda* (Hook.) B.S.G. Sobre rocas, en lugares soleados y húmedos.
- Bryocephalospora aethiopica* (Welw. & Dub.) R. H. Zander. Sobre suelo húmedo, entre plantas herbáceas.
- Bryum argenteum* Hedw. Sobre suelo, rocas o como epifito, lugares soleados y húmedos.
- Bryum billarderi* Schwägr. Rocas húmedas cubiertas por suelo, sombreadas.
- Bryum caespiticium* Hedw. Rocas húmedas cubiertas por suelo, sombreadas.
- Bryum capillare* Hedw. Sobre suelo o rocas, en lugares sombreados y húmedos.
- Bryum erythroloma* (Kindb.) Syed. Rocas mojadas, cubiertas por suelo, sombreadas.
- Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) Gaertn., Meyer & Scherb. Rocas sombreadas y húmedas cubiertas por suelo.
- Campylophyllum sommerfeltii* (Myr.) Hedenäs. Sobre rocas, lugares sombreados y mojados.
- Campylopus pilifer* Brid. Rocas soleadas y húmedas.
- Chenia leptophylla* (Müll. Hal.) R. H. Zander. Suelo húmedo y sombreado.
- Didymodon australasiae* (Hook. & Grev.) R. H. Zander var. *australasiae*. Suelo o roca húmedos, soleados.
- Didymodon australasiae* var. *umbrosus* (Müll. Hal.) R. H. Zander. Suelo sobre lava, en lugares húmedos y sombreados.
- Didymodon hampei* R. H. Zander. Lava, cerca de construcciones.
- Didymodon revolutus* (Cardot) Williams. Suelo, lugares expuestos y húmedos, a veces cerca de las construcciones.
- Didymodon rigidulus* Hedw. var. *gracilis* (Schleich. ex Hook. & Grev.) R. H. Zander. Sobre suelo o rocas.
- Didymodon tophaceus* (Brid.) Lisa. Sobre suelo húmedo de prado.
- Entodon beyrichii* (Schwägr.) Müll. Hal. Fisuras de roca, lugares sombreados y húmedos.
- Entodon hampeanus* Müll. Hal. Sobre rocas cubiertas por suelo, lugares sombreados y húmedos.
- Fabronia ciliaris* (Brid.) Brid. Epifita sobre *Schinus* y *Fraxinus*.
- Fissidens crispus* Mont. Sobre suelo en lugares sombreados y húmedos.
- Funaria hygrometrica* Hedw. Sobre suelo, cerca de construcciones o sitios perturbados.
- Funaria hygrometrica* var. *calvescens* (Schwägr.) Mont. Roca cubierta por suelo húmedo, en lugares soleados.
- Gymnostomum aeruginosum* Sm. Sobre suelo compactado, lugares expuestos y húmedos.
- Isodrepanium lentulum* (Wils.) Britt. Sobre roca húmeda cubierta de suelo, lugares sombreados.
- Leucoloma serrulatum* Brid. Sobre roca húmeda cubierta de suelo, lugares sombreados.

Pilotrichella flexilis (Hedw.) Aongstr. Sobre roca húmeda cubierta de suelo, lugares sombreados.

Pilotrichum evanescens (Müll. Hal.) Müll. Hal. Sobre roca húmeda cubierta de suelo, lugares sombreados.

Pirella guatemalensis E. B. Bartram. Sobre roca húmeda cubierta de suelo, lugares sombreados.

Pseudocrossidium replicatum (Taylor) R. H. Zander. Suelo o rocas cubiertas por suelo, en lugares expuestos, soleados, húmedos.

Pterobryopsis mexicana (Renauld & Cardot) Fleisch. Fisuras mojadas.

Racopilum tomentosum (Hedw.) Brid. Rocas cubiertas por suelo, en lugares sombreados y húmedos.

Raiiella lagoensis (Hampe) W. R. Buck. Fisuras húmedas y sombreadas.

Rhynchostegium serrulatum (Hedw.) A. Jaeg. Sobre rocas mojadas y sombreadas.

Rhynchostegium subrusciforme (Müll. Hal.) A. Jaeg. Sobre rocas mojadas y sombreadas, cubiertas por suelo.

Sagenotortula quitoensis (Taylor in Hook.) R. H. Zander. Sobre rocas mojadas y expuestas, cubiertas por suelo.

Syntrichia fragilis (Taylor) Ochyra. Sobre rocas o rocas cubiertas por suelo, soleadas.

Syntrichia obtusissima (Müll. Hal.) R. H. Zander. Sobre lava, en lugares soleados.

Syntrichia pagorum (Milde) Amann. Epífita sobre *Schinus*.

Timmiella anomala (B.S.G.) Limpr. Fisuras sombreadas y húmedas.

Tortella humilis (Hedw.) Jenn. Rocas húmedas y sombreadas, cubiertas por suelo.

Trichostomum brachydontium Bruch. Suelo o rocas cubiertas por suelo, en fisuras o en sitios expuestos, húmedos.

Weissia sp. Rocas cubiertas por suelo, soleadas y secas.

Antocerote

Anthoceros sp. Sobre rocas húmedas y sombreadas, cubiertas por suelo.

Hepáticas

Asterella rugosa A. Evans. Sobre rocas húmedas y sombreadas, cubiertas por suelo.

Cylindrocolea rhizantha (Mont.) R.M. Schust. Sobre rocas húmedas y soleadas.

Exoromthea pustulosa Mitt. Sobre rocas húmedas y sombreadas.

Fossombronina sp. Sobre suelo húmedo y sombreado.

Marchantia chenopoda L. Suelo sobre rocas.

Oxymitra incrassata (Brot.) Sergio & Sim Sim. Sobre suelo o rocas cubiertas por suelo, húmedos y soleados.

Plagiochasma cuneatum A. Evans. Sobre rocas.

Plagiochasma intermedium Lindenb. & Gottsche. Huecos sombreados bajo las rocas.

Plagiochasma rupestre (G. Forst.) Stephani. Sobre suelo o rocas cubiertas por suelo, en lugares húmedos y sombreados.

Plagiochila sp. Sobre rocas, lugares sombreados y húmedos.

Reboulia hemisphaerica (L.) Raddi. Suelo sobre rocas.

Riccia lamellosa Raddi. Sobre rocas.

Riccia mauryana Stephani. Sobre rocas.

Riccia nigrella DC. Suelo con fragmentos de lava.

Riccia sorocarpa Bisch. Suelo sobre rocas.

Riccia trichocarpa Howe. Sobre rocas.

Riccia wainionis Stephani. Sobre rocas.

Targionia hypophylla L. Rocas húmedas y sombreadas, cubiertas por suelo.

Flora: susceptibilidad de la comunidad a la invasión de malezas nativas y exóticas

Silvia Castillo-Argüero, Yuriana Martínez-Orea, Jorge A. Meave, Mariana Hernández-Apolinar, Oswaldo Nuñez-Castillo, Gabriela Santibañez-Andrade y Patricia Guadarrama-Chávez

Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de México
sca@ciencias.unam.mx

Introducción

Desde tiempos precolombinos, la ciudad de México ha sido uno de los asentamientos urbanos más grandes no sólo del país, sino de todo el mundo. El desarrollo de esta urbe a lo largo de su historia ha provocado disturbios de distinta índole e intensidad, los cuales han resultado en la eliminación, la fragmentación y la transformación de los ambientes naturales de la región (Carrillo-Trueba, 1995; Ezcurra *et al.*, 1999). Como consecuencia de los disturbios antropogénicos, desde hace algún tiempo se ha venido observando que algunas especies han incrementado sus áreas de distribución, pues se han visto favorecidas por las condiciones creadas por la eliminación o la alteración de la cubierta vegetal original (Soberón *et al.*, 1991; Ezcurra *et al.*, 1999; Velásquez y Romero, 1999). El conjunto de especies beneficiadas por los disturbios incluye tanto plantas nativas como exóticas, las cuales, en algunos casos, han llegado a convertirse en malezas o invasoras (Espinosa-García y Sarukhán, 1997; Villaseñor y Espinosa-García, 1998, 2002, 2004).

El matorral xerófilo que existe sobre el derrame de lava del volcán Xitle, en las partes bajas del sur del Valle de México (i.e., 2200 a 2500 m s.n.m.), no está exento de esta problemática. Si bien durante siglos la vegetación de esta zona se mantuvo en buen estado de conservación, a mediados del siglo XX la comunidad vegetal comenzó a sufrir un rápido proceso de fragmentación y deterioro, debido al crecimiento desmedido de la ciudad de México (Soberón *et al.*, 1991; Carrillo-Trueba, 1995). Con el tiempo este proceso condujo a la desapa-

rición de alrededor de 70% del área original del matorral xerófilo. Aunque llegaron tarde, los esfuerzos de conservación realizados han permitido el mantenimiento de pequeños remanentes de este ecosistema tan particular, en el Parque Ecológico-Arqueológico de Cuicuilco, el Parque Ecológico de la Ciudad de México, Ecoguardas y la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (Bonfil *et al.* 1997; Cano Santana *et al.*, 2006).

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) alberga una considerable diversidad florística. Sin embargo, es muy evidente que esta comunidad vegetal está siendo invadida por especies que no formaban parte de ella en el pasado. Este proceso es preocupante porque puede poner en riesgo tanto a algunos elementos de la flora propia del sistema, como afectar su dinámica. Desafortunadamente, evaluar la entrada de especies exóticas o de malezas a un sistema natural no es una tarea fácil, ya que en gran medida esta actividad depende de la existencia de registros antiguos y más o menos confiables de su flora. La manera más directa de hacer esta evaluación es a través de estudios florísticos, los cuales dan una idea del porcentaje de especies que representa la flora introducida en la zona (Espinosa-García y Sarukhán, 1997; Rzedowski y Rzedowski, 2001).

En este sentido, el caso de la REPSA es en cierta forma afortunado, ya que se cuenta con información de inventarios florísticos elaborados de manera recurrente a lo largo del tiempo. El antecedente más importante en el que se puede basar este análisis es el estudio de Rzedowski (1954), ya que fue realizado en una época en

la que este sistema mostraba todavía gran parte de su extensión y sus características biológicas relativamente sin afectación. Además, en él se especificó la distribución de las especies registradas en todo el derrame de lava por tipo de vegetación, lo cual permite saber que el matorral xerófilo, cuya extensión original era de aproximadamente 40 km², albergaba unas 350 especies de plantas vasculares. Más de tres décadas después, cuando la extensión de esta comunidad ya estaba muy reducida, Valiente-Banuet y de Luna (1990) elaboraron un nuevo inventario, registrando 226 de las especies reportadas por Rzedowski (1954), además de 77 especies no reportadas antes. Estos resultados llevaron a suponer que el disturbio estaba dando lugar a cambios importantes en la composición florística, en particular que había una disminución del número de especies originales y un aumento de las especies ruderales asociadas a áreas perturbadas. Medio siglo después de la publicación seminal de Rzedowski (1954), Castillo-Argüero *et al.* (2004) presentaron información florística actualizada del sistema en la que incluyeron 337 elementos a nivel de especie, de los cuales sólo 184 habían sido consignadas en el trabajo de Rzedowski.

Además de los análisis florísticos que permiten identificar las especies introducidas al medio natural, es necesario caracterizar tanto la importancia biológica de éstas como su efecto en la dinámica de una comunidad. Esto se debe a que las especies de recién ingreso en la comunidad continúan dispersándose, manteniéndose y consolidándose en el medio, incluso si los disturbios han cesado y las perturbaciones que causaron comienzan a ser mitigadas; además de los cambios significativos en la composición de una comunidad, también puede haber cambios en su estructura y en general en los procesos ecológicos que la definen (Cronk y Fuller 1995). En este contexto, y con la finalidad de coadyuvar a la conservación, el manejo y la restauración de este remanente de matorral xerófilo, en el presente trabajo se ofrece un listado florístico actualizado de las especies de plantas presentes en la REPSA, una clasificación de los elementos no reportados por Rzedowski (1954) en introducidas o malezas (de acuerdo con los reportes de Villaseñor y Espinosa-García, 1998 y Villaseñor *et al.*, 2002), y se analizan algunos aspectos de su distribución geográfica y ecológica (importancia estructural y lluvia de semillas).

En este trabajo se hace una diferenciación entre las especies introducidas y las malezas. Nuestro concepto de *especie introducida* descansa fundamentalmente en la definición utilizada por Villaseñor *et al.* (2002; Villaseñor y Magaña, 2006) y corresponde al conjunto de especies exóticas (i.e., originadas en regiones fuera de México) y que han llegado al país por distintos mecanismos, pero casi siempre acompañando alguna actividad humana. Algunas de éstas, pero no todas, pueden llegar a tener el comportamiento de una maleza (Lonsdale, 1999; Villaseñor *et al.*, 2002). A su vez, definimos a las *malezas* como aquellas especies, tanto nativas como exóticas, que presentan tasas de crecimiento elevadas, mecanismos eficientes de dispersión y una tolerancia a una gran variedad de condiciones ambientales, de modo que son capaces de producir cambios significativos en la estructura, la composición y los procesos del ecosistema; por lo tanto, constituyen elementos nocivos para la comunidad (Rejmánek, 1995, Westbrooks, 1998; Mack *et al.*, 2000; Villaseñor *et al.*, 2002). De acuerdo con estas definiciones, es posible clasificar a un taxón como especie introducida y como maleza, pues éstos dos no son grupos mutuamente excluyentes. Sin embargo, también es claro que no todas las especies introducidas tienen comportamiento de malezas.

Definir la importancia ecológica de las especies introducidas y malezas del matorral xerófilo de la REPSA resulta de gran importancia debido a que esta comunidad sigue estando fuertemente afectada por la actividad humana, debido a que se encuentra completamente inmersa en la mancha urbana de una ciudad de grandes dimensiones. Por lo tanto, es fundamental hacer un seguimiento de su biota para intentar detectar a tiempo cambios potencialmente peligrosos para su integridad, particularmente los relacionados con la biota introducida.

Sitio de estudio

La REPSA está situada en la porción sudoccidental de la cuenca hidrográfica conocida como Valle de México (Castillo-Argüero *et al.*, 2004). Forma parte del *campus* de Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México desde 1983, cuando fue creada por Acuerdo del rector (Carabias y Meave, 1987). Después de varias modificaciones en sus límites, en la actualidad cubre un área de 237.3 ha (De la Fuente,

2005). El ecosistema que protege la Reserva está asentado sobre el derrame de lava que produjo la última erupción del volcán Xitle, ocurrida hace aproximadamente 2000 años (Carrillo-Trueba, 1995). El proceso de sucesión secundaria que ha tenido lugar allí desde entonces ha llevado al desarrollo de un matorral xerófilo, claramente una formación azonal en una región de características mucho más méxicas, el cual fue denominado por Rzedowski (1954) *Senecionetum praecoxis* en referencia a la especie dominante *Pittocaulon* (= *Senecio*) *praecox*.

En la literatura se ha sugerido repetidamente que la heterogeneidad topográfica juega un papel importante en el mantenimiento de la diversidad de la REPSA, ya que hay una amplia gama de condiciones para el establecimiento y crecimiento de especies con muy variados requerimientos (Santibañez-Andrade, 2005; Castillo-Argüero *et al.*, 2007). En su paisaje se pueden identificar numerosas unidades microambientales contrastantes entre sí: grietas, hondonadas, hoyos, planicies, pendientes y promontorios. Estos rasgos microtopográficos se originaron por las diferencias en la inclinación del terreno, los accidentes del relieve original y el tiempo de enfriamiento de las capas de lava (Carrillo-Trueba, 1995). Como consecuencia, la vegetación muestra una estructura muy heterogénea, asociada a grandes diferencias en la composición florística (Álvarez *et al.*, 1982; Cano-Santana, 1994), pero en general caracterizada por un gran número de hierbas y una pobreza de elementos arbóreos (Santibañez-Andrade, 2005).

Método

Listado florístico

Se actualizó el listado florístico de Castillo-Argüero *et al.* (2004, 2007), de la siguiente manera: (1) se añadieron a la lista algunas especies que no habían podido ser determinadas por los especialistas, sobre todo del Herbario Nacional de México (MEXU) al momento de la publicación anterior, pero de las que ya se dispone una determinación; (2) se incorporaron varias especies de Asteraceae a partir del trabajo realizado por Soto-Trejo (2007) en la REPSA; (3) se hizo una estandarización nomenclatural de las especies tomando como referencia principal las bases de datos del International Plant Name

Index (www.ipni.org) y W3TROPICOS (www.mobot.org); (4) los autores de las especies fueron revisados y sus abreviaturas, en caso de haberlas, fueron estandarizadas de acuerdo con Brummitt y Powell (1992); (5) finalmente, tomando como base el listado de Castillo-Argüero *et al.* (2004), se recabó información de las especies incluidas en la lista actual sobre su forma de vida (fanerofitas, hemicriptofitas, criptofitas, camefitas y terofitas), forma de crecimiento (árbol, arbusto, hierba), longitud del ciclo de vida (anual, perenne) y su distribución en diferentes tipos de vegetación, además del matorral xerófilo.

Clasificación de especies como introducidas y malezas

El reconocimiento de las especies como pertenecientes a las categorías de especie introducida y de maleza se basó exclusivamente en la información proporcionada por Espinosa-García y Sarukhán (1997), Rzedowski y Rzedowski (2001), Villaseñor y Espinosa-García (1998) y Villaseñor *et al.* (2002). Una vez que se hicieron estas asignaciones se calcularon las proporciones de la flora total correspondiente a cada grupo.

Distribución geográfica

Utilizando como fuente de información fundamental la base de datos del herbario MO, disponible a través del sitio de Internet W3TROPICOS (www.mobot.org), se determinó la distribución geográfica de las especies incluidas en el listado florístico. Es claro que la información contenida en esta base no es necesariamente completa y que puede contener algunos errores. Sin embargo, permite obtener información bastante satisfactoria para un gran número de taxones en poco tiempo, y los errores pueden ser eliminados con cierta confianza al detectar especímenes aislados completamente fuera de su área de distribución. Con base en esta información se reconocieron siete categorías de distribución geográfica de las especies:

- **Restringida.** Especies que se distribuyen únicamente en México.
- **Mesoamericana.** Incluye a las especies cuya distribución abarca fundamentalmente el territorio mexicano y el de Centro América.

Tabla 1. Número total de familias, géneros y especies presentes en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, y riqueza por forma de crecimiento. Se muestra también el número de especies introducidas y de malezas.

	Número total de especies	Número de malezas	Número de especies introducidas
Grupos taxonómicos			
Familias	73	45	15
Especies	377	176	30
Géneros	211	128	28
Formas de crecimiento			
Árboles	10	1	3
Arbustos	56	21	2
Hierbas	311	154	25

- **Neotropical.** Especies cuya distribución se extiende desde México hasta porciones significativas de América del Sur, llegando en algunos casos hasta Argentina.
- **Neártica.** Incluye a las especies que están presentes desde México hasta Estados Unidos y Canadá.
- **Americana.** Especies distribuidas en todo el continente americano.
- **Pantropical.** Especies cuya distribución también abarca las porciones tropicales de África, Asia y Oceanía.
- **Cosmopolita.** Especies que tienen representantes en casi todos los continentes y en una gama amplia de regiones climáticas.

Evaluación ecológica cuantitativa de las especies

A partir de muestreos de la vegetación y del análisis de su estructura, se determinó el valor de importancia de las especies vegetales presentes de la REPSA. Además, se evaluó la importancia de las especies en la lluvia de semillas a partir de datos obtenidos en muestreos con trampas realizados en esta comunidad a lo largo de un año (Camacho Altamirano, 2007).

Resultados

Inventario florístico

Las correcciones y adiciones realizadas al listado publicado por Castillo-Argüero *et al.* (2004) resultaron en un total de 377 especies, pertenecientes a 73 familias y 211 géneros (Tabla 1). Con estas modificaciones, la familia mejor representada en la REPSA fue Asteraceae, con 105 especies, cifra que equivale a más de cuatro veces la riqueza de la familia que ocupó el segundo lugar (Poaceae, 26 especies). Estas dos familias estuvieron seguidas por Fabaceae (20), Euphorbiaceae (14), Pteridaceae y Solanaceae (13 cada una), Convolvulaceae (12) y Orchidaceae (11) (Apéndice 1).

Más de la mitad (55%) de las especies incluidas en esta lista han sido reportadas en la literatura como introducidas (30; 8%) o malezas (176; 47%) (Tabla 1). De manera notable, la familia con mayor número de especies introducidas y malezas fue precisamente Asteraceae, para la que se registraron 58 malezas (55%), aunque sólo seis especies introducidas (6%).

Con 82% del total de especies, las hierbas fueron la forma de crecimiento mejor representada en este matorral xerófilo. Esta forma de crecimiento también fue la mejor representada entre las especies introducidas (25; 83%) y las malezas (176; 87%) (Tabla 1).

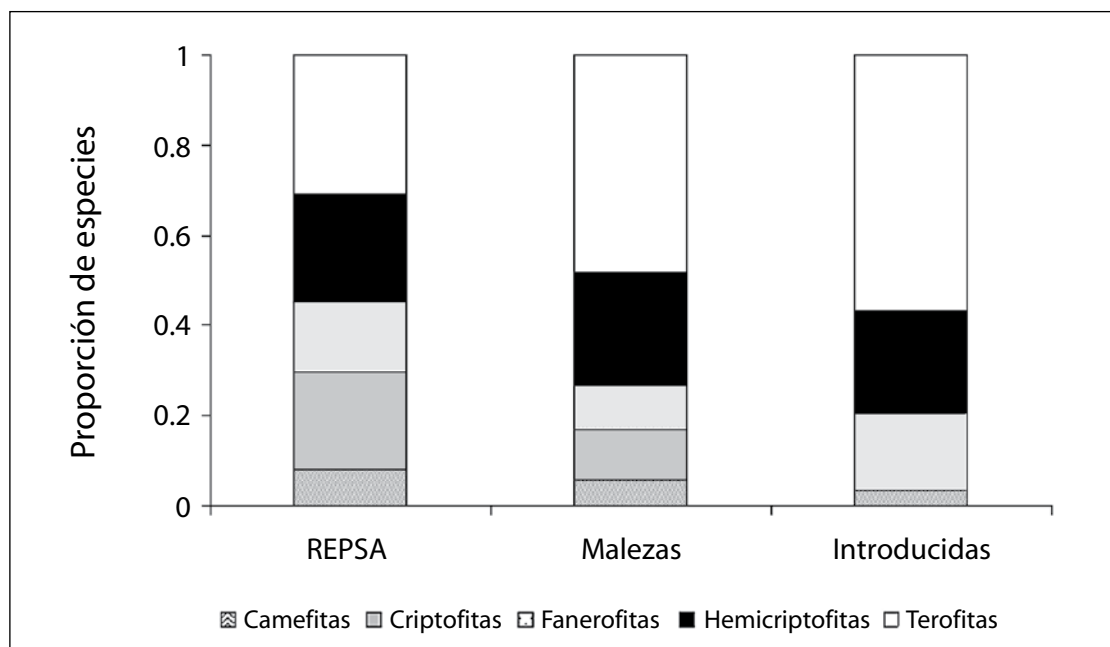


Fig. 1. Proporción de las plantas introducidas y las malezas en la flora de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, de acuerdo con su forma de vida.

Respecto a las formas de vida, la categoría terofita fue la mejor representada (31%). A ella le siguieron, en este orden, las hemicriptofitas (24%), las fanerofitas (15%) y las camefitas (8%) (Fig. 1). Entre las especies introducidas, las terofitas (i.e. plantas anuales) fueron las más abundantes, constituyendo cerca de 50% de las especies introducidas y las malezas (Fig.1). Con relación a las especies perennes, las hemicriptofitas fueron las más comunes, con cerca de 25% del total de los elementos de la Reserva, y con proporciones similares para las especies introducidas y las malezas. Cabe destacar que entre las especies introducidas no están representadas las criptofitas; asimismo, en este grupo cerca de 10% fueron fanerofitas (Fig. 1).

Distribución geográfica

La mayoría de las especies del listado florístico actualizado quedaron incluidas en las categorías de distribución restringida y mesoamericana, lo que significa que alrededor de la tercera parte de estos taxones se distribuyen únicamente en México, y que un poco menos de la quinta parte (18%) extienden su distribución hasta Centroamérica (Fig. 2), de modo que en conjunto estas dos categorías abarcan aproximadamente la mitad de la flora representada actualmente en esta comunidad.

Entre las malezas, la distribución pantropical fue la más común (21%), seguida en importancia por las distribuciones restringida (18%), americana (17%) y mesoamericana (15%) y neotropical (14%) (Fig. 2). A su vez, entre las reportadas como introducidas destacan en mayor grado las especies de distribución pantropical (47%) y las cosmopolitas (30%).

Importancia ecológica de las especies

En el total del área muestreada (1,600 m²) se registró un total de 5,856 individuos pertenecientes a 101 especies, cifra que corresponde a 40% de las 377 especies del listado actualizado que aquí se reporta. Durante la temporada de secas, la cobertura vegetal se redujo casi a la mitad (45%) de la registrada para la época de lluvias. Las especies que tuvieron los valores de importancia relativa promedio más altos fueron *Buddleia cordata*, *Echeveria gibbiflora*, *Bromus carinatus*, *Verbesina virgata* y *Muhlenbergia robusta*. Ninguna de estas cinco especies ha sido reportada como introducida ni como maleza. Sin embargo, debe enfatizarse que de las 20 especies con valores más altos de importancia (es decir, estas cinco y quince adicionales), diez se consideran malezas, cinco de las cuales son introducidas. Estos elementos florísticos, que tienen una contribución importante a

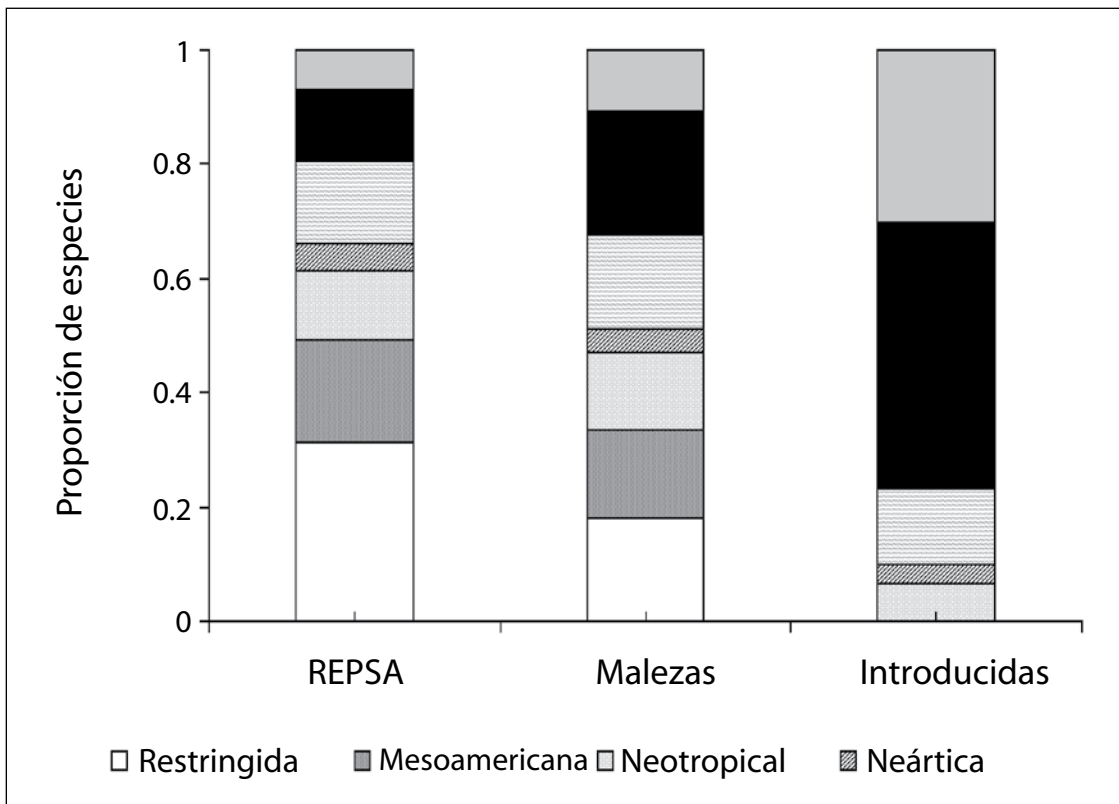


Fig. 2. Proporción de las plantas introducidas y las malezas en la flora de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, de acuerdo con su tipo de distribución.

la estructura de la vegetación, pero que originalmente no formaban parte de ella son *Pennisetum clandestinum*, *Medicago lupulina*, *Rhynchelytrum repens*, *Chloris gayana* y *Medicago polymorpha*.

En la lluvia de semillas -evaluada durante un año- se registraron 114 especies, equivalentes a 47% de la flora. La densidad de diásporas (frutos y semillas) fue de 334,073 m². Más de la mitad (58%) fue aportado por *Buddleia cordata*; proporciones menores pero significativas correspondieron a *Muhlenbergia robusta* (16%), *Ageratina pinchinchensis* (7%), *Wigandia urens* y *Gamochaeta americana* (3% cada una). Una fracción adicional (13%) fue aportada por especies y morfoespecies con abundancias bajas. Entre estas últimas, llaman la atención las malezas *Rhynchelytrum repens* y *Wigandia urens*, la primera de las cuales es una planta introducida y la segunda un elemento nativo de la flora mexicana (2,593 y 11,375 diásporas m², respectivamente).

Discusión

Sin duda, la cuantificación de la flora de una localidad es una labor continua y debe involucrar aspectos no sólo de índole florística sino también ecológica. Los resultados de este estudio constituyen una evidencia de que en la dinámica de esta comunidad hay entradas de especies de manera continua, que dependen no sólo de eventos antropogénicos, sino también de los procesos intrínsecos del sistema (Gordon, 1998). A sólo tres años de que se publicó una lista actualizada de plantas vasculares de la REPSA, en este trabajo se hacen algunas correcciones nomenclaturales, pero lo que es más importante, se integran suficientes elementos a la lista como para producir un incremento equivalente a 10% del número de especies reportado por Castillo-Argüero *et al.* (2004).

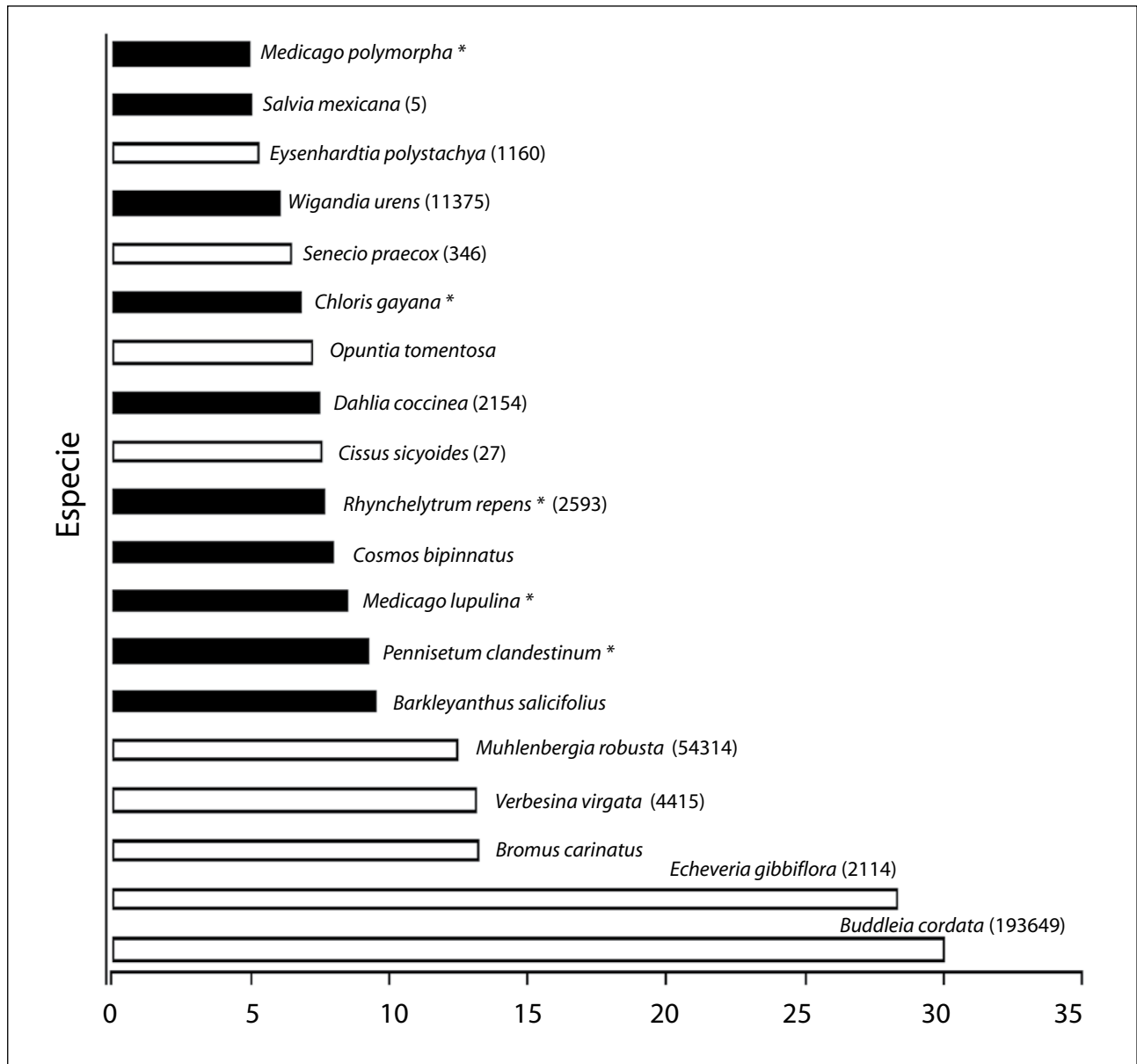


Fig. 3. Especies de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel con los valores de importancia más altos y sus correspondientes abundancias en la lluvia de semillas registrada durante un año. * = especies introducidas, ■ = malezas.

De acuerdo con esta revisión de la lista, Asteraceae se confirma como la familia con mayor riqueza florística en la REPSA. Sin embargo, en este momento su prevalencia en esta comunidad es mucho más clara. Gracias a la información aportada por una reciente investigación de carácter taxonómico sobre esta familia realizada en la reserva (Soto-Trejo, 2007), la lista se enriqueció en 31 especies respecto a la de 2004. Es probable que esta

gran riqueza esté relacionada, al menos en parte, con la prevalencia de la dispersión anemócora de sus propágulos, lo que facilita su dispersión a grandes distancias y la ampliación de su distribución. Sin embargo, este único carácter no parece ser suficiente para explicar el alto número de especies de asteráceas que coexisten en la REPSA. Otro factor que podría contribuir a su éxito son sus altas tasas de producción de semillas, pero hasta la

fecha no contamos con evidencia suficiente sobre ello. En cualquier caso, es obvio que el matorral xerófilo de la REPSA es una comunidad muy susceptible a la invasión por especies de esta familia, pues a pesar de que sólo 6% de las 105 especies registradas en esta localidad son taxones introducidos en México, más de la mitad de ellas tienen un comportamiento de maleza.

Los disturbios modifican, entre otros factores, la composición de especies de una comunidad; esta modificación puede ser permanente si se eliminan especies debido a su incapacidad para regenerarse después de la perturbación (Gordon, 1998). Las transformaciones también pueden reflejarse como cambios en las abundancias relativas de los elementos de la comunidad, o resultar en el establecimiento de individuos de especies recién arribadas; entre estas últimas suelen estar representadas especies introducidas o malezas (Eugenio y Lloret, 2004). A pesar de que la REPSA es un área protegida, hay evidencias de que algunos disturbios, en particular los incendios, han aumentado su frecuencia (Castillo-Argüero *et al.* 2004). Aunado a esto, la importante reducción en área que sufrió esta comunidad en el pasado reciente hace suponer que ha habido cambios en su estructura y composición de especies, y que probablemente éstos sigan ocurriendo en el presente y el futuro cercano. Aunque es difícil documentar estos cambios de manera precisa, este estudio constituye una primera aproximación, al mostrar que un porcentaje muy alto (casi la mitad) de la flora de la REPSA está formada por especies que han sido reportadas como malezas, y que un poco menos de 10% de esta flora son especies introducidas.

Quizá la atención debiera centrarse sobre este último grupo. En él están representadas plantas con diferentes formas de vida, de las cuales las fanerofitas constituyen alrededor de 10%. A pesar de que esta proporción es baja, surge una preocupación derivada del hecho de que estas especies son las que conforman los estratos arbustivo y arbóreo de la comunidad. Su presencia y su capacidad de expansión rápida abren la posibilidad de que influyan de manera determinante en la dirección de la sucesión en este ecosistema; el rápido incremento de su densidad puede llegar a excluir a diversas especies (Segura-Burciaga y Meave, 2001), algunas de ellas criptofitas y hemicriptofitas, muchas de las cuales tienen funciones importantes en la comunidad, como la estabi-

lización del suelo (Johnson, 1995). Las plantas fanerofitas tienen un gran potencial de funcionar como ingenieros ecosistémicos en la REPSA, ya que al tener una mayor área foliar pueden producir niveles mayores de evapotranspiración (Woodall, 1981), además de que la mayor producción de hojarasca puede modificar variables como la humedad microambiental y la cantidad de materia orgánica (Gordon, 1998).

En realidad, no sólo las fanerofitas son motivo de preocupación en el grupo de las malezas y plantas introducidas. Por ejemplo, en algunas comunidades originalmente dominadas por especies criptofitas y hemicriptofitas, los disturbios han provocado aumentos notables en la abundancia de especies terofitas (Bellingham y Sparrow, 2000). En situaciones extremas, las especies introducidas pueden llegar a tener una dominancia casi completa, formando verdaderos "tapetes" monoespecíficos. Gordon (1998) reportó casos de este tipo en las que estaban involucradas especies del género *Panicum*. En la REPSA, una situación análoga parece estarse dando con *Pennisetum clandestinum* (Cano-Santana, 2005, 2007), especie originaria de África que cubre áreas considerables cerca de los bordes de la reserva. La detección de especies con este comportamiento debería promover medidas urgentes para su manejo y control, pues sólo así se puede evitar que lleguen a modificar de manera profunda la dinámica del sistema. Sería muy lamentable, por ejemplo, que el proceso de sucesión primaria que se está llevando a cabo en esta comunidad protegida en la REPSA se viera interrumpido o fuertemente modificado.

Los disturbios que han afectado a la REPSA también han tenido consecuencias en los patrones de distribución geográfica de las especies de su flora. En realidad, desde el momento de contacto con las sociedades europeas, la flora mexicana ha estado recibiendo elementos exóticos de manera continua. Durante la época colonial la mayor parte de las especies introducidas tenían un origen mediterráneo, pero este patrón se modificó en el siglo XX cuando arribó un número considerable de especies provenientes de otras regiones del mundo, en particular de África y Sudamérica (Rzedowski y Rzedowski, 1990). Entre las especies notables de este último contingente están *Pennisetum clandestinum* (pasto kikuyo), *Rynchelytrum repens* y *Nicotiana glauca* (tabaquillo), las cuales resaltan como malezas introducidas en la REPSA con valores altos de importancia.

Con el paso del tiempo se dificulta cada vez más la distinción entre las especies nativas y las introducidas, ya que cuanto más antigua sea la introducción de una especie, mayor oportunidades tendrá de naturalizarse y confundirse con las especies nativas. Como poblaciones silvestres en una nueva región, las especies introducidas pueden desarrollar una compleja gama de interacciones con la biota nativa (Villaseñor *et al.*, 2002). El pirúl (*Schinus molle*), especie originaria de Sudamérica e introducida en México en el siglo XVI, constituye un ejemplo interesante de ello. Las semillas de esta especie son ingeridas por aves nativas, como *Bombycilla cedrorum* (chinito) y *Turdus migratorius* (primaveras),

entre otras, lo que aparentemente ha permitido ampliar la distribución de esta especie hasta ocupar un territorio muy grande del centro del país (Corkidi, 1991). Es difícil evaluar el impacto que esta especie ha tenido en la flora local, porque su abundancia es más alta en regiones agrícolas, donde de todas maneras la flora original ha sido desplazada. Sin embargo, la susceptibilidad de la vegetación de la REPSA a las especies invasoras hace necesario llevar a cabo un seguimiento cercano de las especies introducidas y malezas en esta Reserva, sobre todo en términos de su contribución a la estructura y a la dinámica de la vegetación.

Agradecimientos

Agradecemos a Eduardo A. Pérez-García por sus comentarios al presente escrito y a Marco A. Romero Romero por su apoyo en la elaboración de las figuras.

Literatura citada

- ÁLVAREZ, F. J., J. CARABIAS, J. MEAVE, P. MORENO-CASASOLA, D. NAVA, F. RODRÍGUEZ, C. TOVAR Y A. VALIENTE-BANUET 1982. Proyecto para la Creación de una Reserva en el Pedregal de San Ángel. Cuadernos de Ecología No. 1. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 54 p.
- BELLINGHAM, P. J. Y A. D. SPARROW 2000. Resprouting as a life history strategy in woody plant communities. *Oikos* **89**: 409-416.
- BRUMMITT, R. K. Y C. E. POWELL (EDS.) 1992. Authors of Plant Names. Royal Botanic Gardens, Kew, 732 p.
- BONFIL C., PISANTY I., MENDOZA A. Y J. SOBERÓN. (1997). Investigación y Restauración Ecológica: el caso del Ajusco Medio. *Ciencia y Desarrollo* **135**:15-23.
- CAMACHO ALTAMIRANO, J. M. 2007. Lluvia de semillas después de un incendio en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Tesis (Licenciatura), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 53 p.
- CANO-SANTANA, Z. 1994. La Reserva del Pedregal como ecosistema. Pp. 149-158, En: Rojo, A. (Comp.) Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- CANO-SANTANA Z., S. CASTILLO-ARGÜERO, P. MENDOZA-HERNÁNDEZ, Y. MARTÍNEZ-OREA, S. JUÁREZ-OROZCO, I. CASTELLANOS-VARGAS, I. VICTORIA-SALAZAR, L. PADILLA-HERNÁNDEZ, M. FLORES, O. NÚÑEZ-CASTILLO Y M. A. ROMERO-ROMERO 2005. Diversidad y estado de conservación de dos terrenos del sur de ciudad universitaria para ser incorporados a la reserva ecológica. Informe técnico para el Comité Técnico de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Nacional Autónoma de México. Inédito.
- CANO-ZANTANA Z., I. PISANTY, S. SEGURA, P. E. MENDOZA, R. LEÓN-RICO, J. SOBERÓN, E. TOVAR, E. MARTÍNEZ-ROMERO, L. C. RUIZ Y A. MARTÍNEZ-BALLESTÉ 2006. Ecología, conservación, restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del pedregal del Xitle. Pp. 203-226. En: Oyama K, y A. Castillo (coord.). Manejo, conservación y restauración de recursos naturales de México. UNAM, Siglo XXI ed., México
- CANO-SANTANA Z., S. CASTILLO-ARGÜERO, Y. MARTÍNEZ-OREA Y S. JUÁREZ-OROZCO 2008. Análisis de la riqueza vegetal y el valor de conservación de

- tres áreas incorporadas a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal (México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **82**: en prensa.
- CARABIAS J. Y J. MEAVE 1987. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. *Información Científica y Tecnológica*, **9**: 16-19.
- CARRILLO-TRUEBA, C. 1995. El Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 177 p.
- CASTILLO-ARGÜERO, S., G. MONTES-CARTAS, M. A. ROMERO-ROMERO, Y. MARTÍNEZ-OREA, P. GUADARRAMA-CHÁVEZ, I. SÁNCHEZ-GALLEN Y O. NÚÑEZ-CASTILLO 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **74**: 51-75.
- CASTILLO-ARGÜERO S., Y. MARTÍNEZ-OREA, M. A. ROMERO-ROMERO, P. GUADARRAMA-CHÁVEZ, O. NÚÑEZ-CASTILLO, I. SÁNCHEZ-GALLEN Y J. A. MEAVE 2007. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Aspectos Florísticos y Ecológicos. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 294 p.
- CORKIDI, L., S. CACHO Y A. BÚRQUEZ 1991. Dispersión del pirú (*Schinus molle* L., Anacardiaceae) por aves en Teotihuacán, México. *Acta Botanica Mexicana* **15**: 17-22.
- CRONK, Q. C. B. Y J. L. FULLER 1995. Biological Invasions. Chapman & Hall, Londres, 244 p.
- DE LA FUENTE, R. 2005. Acuerdo por el que se rezonifica, delimita e incrementa la zona de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. *Gaceta UNAM*, **3813**: 14-15, 22-23.
- ESPINOSA-GARCÍA F. J. Y J. SARUKHÁN 1997. Manual de Malezas del Valle de México: Claves, Descripciones e Ilustraciones. Fondo de Cultura Económica. México, D.F., 407 p.
- EUGENIO M. Y F. LLORET 2004. Fire recurrence effects on the structure and composition of Mediterranean *Pinus halepensis* communities in Catalonia (north-east Iberian Peninsula), *EcoScience* **11**: 446-454.
- EZCURRA, E., M. MAZARI-HIRIART, I. PISANTY Y A. G. AGUILAR 1999. The Basin of Mexico: Critical Environmental Issues and Sustainability. United Nations Press, Tokio. 242 p.
- GORDON, D. R. 1998. Effects of invasive, non-indigenous plant species in ecosystem processes: lessons from Florida. *Ecological Applications* **8**: 975-989.
- JOHNSON, B. R. 1995. The ecology and restoration of a high montane rare plant community. Tesis de Doctorado. University of Georgia, Athens. 199 p.
- LONSDALE, W. N. 1999. Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology* **80**: 1522-1536.
- MACK, R. N., D. SIMBERLOFF, W. M. LONSDALE, H. EVANS, M. CLOUT Y F. A. BAZZAZ 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecology Applications* **10**: 689-710.
- REJMÁNEK, M. 1995. What makes a species invasive? Pp. 3-13, En: Pysek, P., K. Prach, M. Rejmánek y P.M. Wade (Eds.). Plant Invasions. SPB Academic Publishing, La Haya.
- RZEDOWSKI J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, **8**: 59-129.
- RZEDOWSKI J. Y RZEDOWSKI G. C. 1990. Nota sobre el elemento africano en la flora adventicia de México. *Acta Botanica Mexicana* **12**: 21-24.
- RZEDOWSKI J. Y RZEDOWSKI G. C. 2001. Flora Fanerógama del Valle de México. CONABIO, Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro, Mich. 1406 p.
- SANTIBAÑEZ-ANDRADE, G. 2005. Caracterización de la heterogeneidad ambiental en la Reserva del Pedregal de San Ángel. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 67 p.
- SEGURA-BURCIAGA S. G. 1995. Estudio poblacional de *Eucalyptus resinifera* Smith (Myrtaceae) en la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel, C.U., México, D.F. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 90 p.
- SEGURA-BURCIAGA, S. G. Y J. MEAVE 2001. Effect of the removal of the exotic *Eucalyptus resinifera* in the floristic composition of a protected xerophytic shrubland in southern Mexico City. Pp. 319-329, En: Brundu, G., J. Brock, I. Camarda, L. Child y M. Wade (Eds.). Plant Invasions: Species Ecology and Ecosystem Management. Backhuys Publishers, Leiden.
- SOBERÓN, J., M. DE LA CRUZ-ROSAS, Y G. JIMÉNEZ-C. 1991. Ecología hipotética de la Reserva del Pedregal de San Ángel. *Ciencia y Desarrollo* **99**: 25-38
- SOTO-TREJO, F. 2007. Poliploidía en las Asteraceae en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, México, D.F. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 85 p.

- VALIENTE-BANUET A., Y LUNA-GARCÍA E. 1990. Una lista florística actualizada para la Reserva del Pedregal de San Ángel, México, D.F. *Acta Botanica Mexicana* **9**: 13-30.
- VILLASEÑOR, J. L., F. J. ESPINOSA-GARCÍA 1998. Catálogo de Malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura Económica. México, D.F., 449 p.
- VILLASEÑOR, J. L., J. RZEDOWSKI, Y F. J. ESPINOSA-GARCÍA 2002. Lista depurada de las plantas con flores (Magnoliophyta) registradas como introducidas en la flora de México. Informe para la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad No. U024. Inédito.
- VILLASEÑOR, J. L. Y F. J. ESPINOSA-GARCÍA 2004. The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and Distributions* **10**: 113-123.
- VILLASEÑOR, J. L. Y P. MAGAÑA 2006. Plantas introducidas en México. *Ciencias* **82**: 38-40.
- VELÁZQUEZ, A. Y F. J. ROMERO 1999. Biodiversidad de la región de montaña del sur de la cuenca de México. Universidad Autónoma Metropolitana y Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal, México, D.F., 352 p.
- WOODALL, S. L. 1981. Evapotranspiration and melaleuca. Pp. 117-123. En: Geiger, R.K. (Comp.). *Proceedings of Melaleuca symposium*. Division of Forestry, Tallahassee, Florida.

Plant Name Index (www.ipni.org)

W3TROPICOS (www.mobot.org)

Apéndice 1. Listado florístico del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. la x indica las especies que son invasoras o malezas. Cr = criptofita, Te = terofita, He = hemicriptofita, Fa = fanerofita, Ca = cametifa, H-e = hierba erecta, H-a = hierba arrossetada, H-r = hierba rastrojera, H-tr = hierba trepadora, H-su = hierba suculenta, Ar = arbusto, ar-su = arbusto suculento, A = árbol. P = perenne, A = anual.

Especie	Nombre común	Especies introducidas	Malezas	Distribución	Lluvia de semillas anual	Valor de importancia	Forma de vida	Forma de crecimiento	Ciclo de vida
PTERIDOPHYTA y afines.									
Aspleniaceae									
<i>Asplenium praenorsum</i> Swartz				panropical	0	0.08	Cr	H-e	P
Ophioglossaceae									
<i>Ophioglossum engelmanni</i> Prantl.				americana	0	0	Cr	H-e	P
<i>Ophioglossum nudicaule</i> L. f.				americana	0	0	Cr	H-e	P
Polyodiaceae									
<i>Peperomia galioioides</i> Kunth				neotropical	0	0	Cr	H-e	P
<i>Phlebodium araneosum</i> (M. Martens et Galeotti) Mickel et Beitel				restringida	0	0	Cr	H-e	P
<i>Phlebodium areolatum</i> (Humb. et Bonpl. ex Willd.) J. Sm.	calaguala			restringida	0	0	Cr	H-e	P
<i>Polypodium plebeium</i>				neotropical	0	3.15	Cr	H-e	P
<i>Polypodium polyodioides</i> (L.) Watt				americana	0	0	Cr	H-e	P
Pteridaceae									
<i>Adiantum andicola</i>	cuamaquistli			mesoamerica	0	1.01	Cr	H-e	P
<i>Astroblepis sinuata</i> D. M. Benham & Windham				mesoamerica	0	0	Cr	H-e	P
<i>Bolmeria pedata</i> (Sw.) E. Fourn.				mesoamerica	0	0	Cr	H-e	P
<i>Cheilanthes bonariensis</i> (Willdenow.) Proctor.				mesoamerica	0	0.1	Cr	H-e	P
<i>Cheilanthes farinosa</i> (Forssk.) Kaulf.				panropical	0	0	Cr	H-e	P
<i>Cheilanthes hirsuta</i> Link.				mesoamerica	0	0.09	Cr	H-e	P
<i>Cheilanthes kaulfussii</i> Kunze				mesoamerica	0	0.45	Cr	H-e	P
<i>Cheilanthes lundigeri</i> (Cav.) Swartz				mesoamerica	0	0.19	Cr	H-e	P
<i>Cheilanthes myriophylla</i> Desv.	cola de zorra			mesoamerica	0	4.05	Cr	H-e	P
<i>Malaxis fastigiata</i> (Rchb. f.) Kuntze				neotropical	0	0	Cr	H-e	P
<i>Pellaea cordifolia</i> (Sessé et Moc.) A. R. Sm.	itamo real			neartica	0	0	Cr	H-e	P
<i>Pellaea ovata</i> (Desv.) Weath.				americana	0	0	Cr	H-e	P
<i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link				americana	0	0.73	Cr	H-e	P

Especie	Nombre común	Especies introducidas	Malezas	Distribución	Lluvia de semillas anual	Valor de importancia	Forma de vida	Forma de crecimiento	Ciclo de vida
Selaginellaceae									
<i>Polypodium thysanolepis</i> A. Braun ex Klotzsch	flor de piedra			neotropical	0	0	Cr	H-a	P
<i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. et Greville) Spring	flor de piedra, doradilla			neartica	0	1.46	Cr	H-a	P
Woodsiaceae									
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.				cosmopolita	0	2.58	Cr	H-e	P
MAGNOLIPSIDA									
Acanthaceae									
<i>Dicliptera pedunculata</i> Nees			x	restringida	0	0	Te	H-e	A
Amaranthaceae									
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	quelite, quintonil		x	cosmopolita	0	0.68	Te	H-e	A
<i>Gomphrena pinguis</i> Coult. et Fisher				restringida	0	0	Te	H-e	A
<i>Gomphrena serrata</i> L.	amor de soltero		x	americana	0	0	Te	H-e	A
<i>Guilleminea densa</i> (Willd.) Moq.	bola de hilo, Rosa de Castilla cimarrona		x	americana	0	0	He	H-r	P
<i>Iresine cassiniiformis</i> Schauer.	pie de paloma			restringida	128	0.56	Fa	Ar	P
<i>Iresine diffusa</i> Humb. et Bonpl. ex Willd.			x	neotropical	4746	1.78	Te	H-e	A
Anacardiaceae									
<i>Schinus molle</i> L.	pirú	x	x	panropical	16	0.23	Fa	A	P
Apiaceae									
<i>Arracacia toluensis</i> (Kunth) Hemsl.			x	restringida	6	0.66	Cr	H-e	P
Asclepiadaceae									
<i>Asclepias linaria</i> Cav.	algodoncillo, romerillo		x	neartica	0	0	Fa	Ar	P
<i>Funastrum elegans</i> (Decne.) Schltr.				restringida	0	0	He	H-tr	P
<i>Gonolobus uniflorus</i> Kunth	rosa verde			restringida	223	0.53	He	H-tr	P
<i>Metastelma angustifolium</i> Torr.				restringida	14	0.65	Ca	H-tr	P
Asteraceae									
<i>Achillea millefolium</i> Nutt.	mil hojas, tlaqueuetzal		x	cosmopolita	0	0	He	H-e	P
<i>Acaurtia cordata</i> (Cerv.) Turner.	hierba del zopilote			panropical	0	0	Ca	H-e	P
<i>Ageratina adenophora</i> (Spreng.) King & Rob.				restringida	0	0	Fa	Ar	P
<i>Ageratina brevipes</i> (DC.) R.M. King & H. Rob.				mesoamerica	0	0	Fa	Ar	P
<i>Ageratina choricephala</i> (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.				mesoamerica	0	0	Fa	Ar	P

Especie	Nombre común	Especies introducidas	Malezas	Distribución	Lluvia de semillas anual	Valor de importancia	Forma de vida	Forma de crecimiento	Ciclo de vida
<i>Ageratina cylindrica</i> (McVaugh) R.M. King & H. Rob.				restringida	0	0	Fa	Ar	P
<i>Ageratina deltaidea</i> (Jacq.) King & Rob.	yolochichitl		x	restringida	0	0	Fa	Ar	P
<i>Ageratina mairetiana</i> (DC.) R.M. King & H. Rob.				restringida	915	0	Fa	Ar	P
<i>Ageratina petiolaris</i> (Moc. ex. DC.) King & Rob.	hierba del ángel, yolochichitl			restringida	0	0.75	Fa	Ar	P
<i>Ageratina pinchinensis</i> (H.B.K.) King & Rob.			x	mesoamerica	22990	0	Fa	Ar	P
<i>Ageratina rubricaulis</i> (H.B.K.) King & Rob.				restringida	0	0	Fa	Ar	P
<i>Ageratina schaffneri</i> (Sch. Bip.) King & Rob.				restringida	414	0.01	Fa	H-e	P
<i>Ageratum corymbosum</i> Zuccagni	ciéritos, mota morada			mesoamerica	0	0	He	H-e	P
<i>Ambrosia canescens</i> (Benth.) A. Gray.				restringida	0	0	He	H-e	P
<i>Ambrosia confertiflora</i> DC.			x	nearctica	0	0	Fa	Ar	P
<i>Ambrosia psilostachya</i> DC.	amargosa		x	americana	0	2.38	He	H-e	P
<i>Archibaccharis serratifolia</i> (Kunth) S.B. Blake	hierba del carbonero		x	mesoamerica	0	0	Ca	Ar	P
<i>Artemisia ludoviciana</i> Nutt.	ajenoj del país		x	nearctica	0	0	Cr	H-e	P
<i>Aster subulatus</i> Michx. Var. <i>Subulatus</i>	metezaurras		x	americana	0	0	Te	H-e	A
<i>Baccharis heterophylla</i> Kunth	escobilla			mesoamerica	0	0	Fa	Ar	P
<i>Baccharis pteronioides</i> DC.	escobilla			nearctica	0	0	Fa	Ar	P
<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	jara		x	americana	0	0	Fa	Ar	P
<i>Baccharis sardescens</i> DC.				restringida	0	1.01	Ca	Ar	P
<i>Barbicanthus salicifolius</i> (Kunth) H. Rob. & Brettell	Asomiate amarillo		x	mesoamerica	0	9.46	Fa	Ar	P
<i>Bidens aurea</i> (Aiton) Sherff	té de mlipa		x	cosmopolita	0	0	Te	H-e	A
<i>Bidens bigelovii</i> A. Gray	jara		x	nearctica	0	0	Te	H-e	A
<i>Bidens lemmonii</i> A. Gray				restringida	0	0	Te	H-e	A
<i>Bidens odorata</i> Cav.	acahual blanco		x	neotropical	2	0.3	Te	H-e	A
<i>Bidens ostruthioides</i> (DC.) Sch. Bip.				mesoamerica	0	0	Ca	H-e	P
<i>Bidens pilosa</i> L.	amor seco		x	cosmopolita	0	0.28	Te	H-e	A
<i>Bidens serrulata</i> Poir. Desf.	acetilla		x	restringida	0	0.43	Te	H-e	A
<i>Brickellia scoparia</i> (DC.) A. Gray				restringida	0	0	Ca	H-e	P
<i>Brickellia secundiflora</i> (Lag.) A. Gray	jara blanca		x	restringida	0	0	Ca	Ar	P
<i>Brickellia veronicifolia</i> (Kunth) A. Gray	gobernadora de Puebla			restringida	186	0.06	Ca	Ar	P
<i>Chromolaena pulchella</i> (H.B.K.) King & Rob.			x	restringida	0	0	He	Ar	P

Especie	Nombre común	Especies introducidas	Malezas	Distribución	Lluvia de semillas anual	Valor de importancia	Forma de vida	Forma de crecimiento	Ciclo de vida
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	cola de caballo		x	cosmopolita	0	0	Te	H-e	A
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	pegajosa		x	cosmopolita	2514	0.11	Te	H-e	A
<i>Conyza coronopifolia</i> Kunth			x	neotropical	0	0.05	Te	H-e	A
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	mirasol morado		x	americana	0	7.98	Te	H-e	A
<i>Cosmos parviflorus</i> (Jacq.) Kunth.	mirasol enano		x	neartica	0	0	Te	H-e	A
<i>Crotalaria hebebotrya</i> DC., E. pinetorum L.O. Williams & Ant. Molina				mesoamerica	1	0	Fa	Ar	P
<i>Dahlia cocinea</i> Cav.	mirasol		x	mesoamerica	2154	7.44	Cr	H-e	P
<i>Dahlia sorenseii</i> H.V. Hansen & Hjert	xicamaxochitl			mesoamerica	350	0	Cr	H-e	P
<i>Dyssodia papposa</i> (Vent.) Hitchc.	flor de muerto		x	americana	0	0	Te	H-e	A
<i>Erigeron karvinskianus</i> DC				cosmopolita	0	0	Ca	H-e	P
<i>Erigeron longipes</i> DC.	chalchuan		x	mesoamerica	0	0	Cr	H-e	P
<i>Erigeron pubescens</i> Kunt	hierba del naciente		x	restringida	0	0	He	H-e	P
<i>Erigeron delphinifolius</i> Willd.				restringida	0	0	Te	H-e	A
<i>Fleishmannia pycnocephala</i> (Less.) R.M. King & H. Rob.				mesoamerica	0	0	He	H-e	P
<i>Florestina pedata</i> (Cav.) Cass.	hierba de santa lucía		x	mesoamerica	0	0	Te	H-e	A
<i>Galinoga parviflora</i> Cav.	estrellita		x	panropical	0	0.08	Te	H-e	A
<i>Gnomochaeta americana</i> (Mill.) Cabrera			x	neotropical	8546	0.93	He	H-e	P
<i>Gnomochaeta falcata</i> (Lam.) Cabrera				restringida	0	0	Te	H-e	A
<i>Gnaphalium chartaceum</i> Greenm.				restringida	0	0	Te	H-e	A
<i>Heterosperma pinnatum</i> Cav.	jarilla		x	americana	2	0	Te	H-e	A
<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less.			x	mesoamerica	0	0	Te	H-r	A
<i>Lactuca serriola</i> L.		x	x	cosmopolita	0	0	Te	H-e	A
<i>Laennecia saphiifolia</i> (Kunth) G.L. Nesom			x	americana	0	0.03	Te	H-e	A
<i>Lagascea rigida</i> (Cav.) Stuessy				restringida	0	0.04	Fa	H-e	P
<i>Lagascea rubra</i> Kunth				restringida	0	0	Fa	H-e	P
<i>Melampodium longifolium</i> Cerv. Ex Cav				restringida	0	0	Te	H-e	A
<i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth	ojo de perico		x	cosmopolita	0	0	Te	H-e	A
<i>Montanoa grandiflora</i> Lamina ex DC.	achual (Oaxaca)			mesoamerica	0	0	Fa	Ar	P
<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	zoapaxtle		x	mesoamerica	0	3.69	Fa	Ar	P
<i>Parthenium bipinnatifidum</i> (Ortega) Rollins	confitillo		x	restringida	0	0	Te	H-e	A

Especie	Nombre común	Especies introducidas	Malezas	Distribución	Lluvia de semillas anual	Valor de importancia	Forma de vida	Forma de crecimiento	Ciclo de vida
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	falsa altamisa		x	pantrropical	0	0	Te	H-e	A
<i>Picris echioides</i> L.	lengua de gato	x	x	cosmopolita	0	0.79	Te	H-e	A
<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	hierba de San Nicolás		x	mesoamerica	192	0.23	He	H-e	P
<i>Pitcaulium praecox</i> (Cav.) Rob. & Brettell.	palo loco, candelero			restringida	346	6.46	Fa	Ar	P
<i>Pseudognaphalium canescens</i> (DC.) Anderb.	tzopotonic, tlacochichic			restringida	0	0.4	He	H-e	P
<i>Pseudognaphalium luteo-album</i> (L.) Hilliard & Burt		x	x	pantrropical	0	0	Te	H-e	A
<i>Pseudognaphalium oxyphyllum</i> (DC.) Kirp.				mesoamerica	0	0	He	H-e	P
<i>Pseudognaphalium semilanatum</i> (DC.) Anderb.				americana	0	0	He	H-e	P
<i>Pseudognaphalium viscosum</i> (H.B.K.) Anderb.	gordolobo		x	americana	0	0	Te	H-e	A
<i>Roldana lobata</i> La Llave				restringida	0	0	He	H-e	P
<i>Roldana sessifolia</i> (Hook. & Arn.) H. Rob. & Brettell	cachane			restringida	0	0	He	H-e	P
<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.	ojo de gallo, ojo de pollo		x	mesoamerica	0	0	Te	H-e	A
<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.	ojo de gallo			mesoamerica	0	0	Te	H-r	A
<i>Schkuhria pinnata</i> (Lam.) Kuntze.			x	pantrropical	0	0	Te	H-e	A
<i>Schkuhria schkuhrioides</i> Thell.	anisillo cimarrón		x	restringida	0	0	Te	H-e	A
<i>Senecio sanguisorbae</i> DC.	rabanillo			restringida	15.49	0.08	He	H-e	P
<i>Simsia amplexicaulis</i> (Cav.) Pers.	achualillo		x	mesoamerica	0	0	Te	H-e	A
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	lechuguilla	x	x	cosmopolita	28	0	Te	H-e	A
<i>Stevia micrantha</i> Lag.				restringida	0	0.07	Te	H-e	A
<i>Stevia origanoides</i> Kunth				nearctica	0	0	He	H-e	P
<i>Stevia ovata</i> Willd.				mesoamerica	110	1.47	He	Ar	P
<i>Stevia salicifolia</i> Cav.	hierba del aire (Hidalgo), zazale de olor			restringida	0	0.3	Ca	Ar	P
<i>Stevia serrata</i> Cav.	chile burro		x	neotropical	0	0	He	H-e	P
<i>Stevia subpubescens</i> Lag.				restringida	0	0	Ca	Ar	P
<i>Stevia tephra</i> Rob.				restringida	0	0.14	He	H-e	P
<i>Stevia tomentosa</i> Kunth			x	mesoamerica	0	0	Fa	H-e	P
<i>Stevia viscida</i> Kunth	hierba de la pulga			restringida	0	0	He	H-e	P
<i>Tagetes coronopifolia</i> Willd.			x	restringida	0	0	Te	H-e	A
<i>Tagetes filifolia</i> Lag	anis de monte		x	neotropical	0	0	Te	H-e	A
<i>Tagetes lucida</i> Cav.	pericón		x	mesoamerica	0	0	He	H-e	P

Especie	Nombre común	Especies introducidas	Malezas	Distribución	Lluvia de semillas anual	Valor de importancia	Forma de vida	Forma de crecimiento	Ciclo de vida
<i>Tagetes lunulata</i> Ortega	flor de muerto		x	restringida	516	1.18	Te	H-e	A
<i>Tagetes micrantha</i> Cav.	anisillo			restringida	3	0.05	Te	H-e	A
<i>Tagetes tenuifolia</i> Cav.				mesoamerica	0	0	Te	H-e	A
<i>Taraxacum officinale</i> F. H. Wigg.	diente de león	x	x	cosmopolita	0	0	Ca	H-e	P
<i>Tithonia tubiflora</i> (Jacq.) Cass.	palocote		x	neotropical	126	0.06	Te	H-e	A
<i>Laennecia sophiifolia</i> (Kunth) G. L. Nesom	zacatechichi		x	americana	0	0	Te	H-e	A
<i>Vevesina virgata</i> Cav.	teclacote			restringida	4415	13.07	Fa	Ar	P
<i>Viguiera buddleiformis</i> (DC.) Hemsl.	cerote		x	restringida	0	0	He	Ar	P
<i>Viguiera excelsa</i> (Willd.) Benth. & Hook. f. ex Hemsl. Var. <i>Excelsa</i>	raíz del imanso		x	mesoamerica	0	0	Fa	Ar	P
<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	mal de ojo		x	panropical	0	0.09	Te	H-e	A
Begoniaceae									
<i>Begonia gracilis</i> Kunth	ala de ángel			nearctica	3886	1.08	Cr	H-e	P
Bignoniaceae									
<i>Tecoma stans</i> (L.) Kunth	roble amarillo			cosmopolita	0	0	Fa	A	P
Brassicaceae									
<i>Barbarea orthoceras</i> Ledeb.				nearctica	0	0	He	H-e	P
<i>Brassica rapa</i> L.	nabo	x	x	americana	0	0	Te	H-e	A
<i>Erica sativa</i> Mill.	rucola silvestre, nabo	x	x	panropical	494	0	Te	H-e	A
<i>Lepidium virginicum</i> L.	lentejilla de campo		x	panropical	8	0	Te	H-e	A
<i>Pennellia patens</i> (O. E. Schulz) Rillins				restringida	0	0	Te	H-e	A
<i>Rorippa mexicana</i> (DC.) Standl. Et Steyerl.				mesoamerica	0	0	He	H-e	P
<i>Sisymbrium altissimum</i> L.	mostacilla alta	x	x	panropical	0	0	Te	H-e	A
Buddlejaceae									
<i>Buddleia cordata</i> Kunth	tepozán			mesoamerica	193649	29.95	Fa	A	P
<i>Buddleia parviflora</i> Kunth	mispastle, tepusa			restringida	0	2.54	Fa	A	P
<i>Buddleia sessiliflora</i> Kunth	hierba de tepozán		x	restringida	0	0.04	Fa	Ar	P
Burseraceae									
<i>Bursera cuneata</i> Engl.	copal			restringida	10	1.02	Fa	A	P
<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	cuajote			restringida	0	0.65	Fa	Ar	P

Especie	Nombre común	Especies introducidas	Malezas	Distribución	Lluvia de semillas anual	Valor de importancia	Forma de vida	Forma de crecimiento	Ciclo de vida
Cactaceae									
<i>Mammillaria haageana</i> subsp. <i>Elegans</i> (Sanchez-Mej.) D.R. Hunt.				restringida	0	0	Cr	H-su	P
<i>Mammillaria magninamma</i> Haw.	biznaguita de chilito			restringida	0	0.73	Ca	H-su	P
<i>Opuntia robusta</i> Wendl.	nopal camueso			restringida	10	0	Fa	Ar-su	P
<i>Opuntia lasiocantha</i> Pfeiff. Enum.	nopal de pedregal			restringida	0	0	Fa	Ar-su	P
<i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck	nopal chamacero			americana	0	7.21	Fa	Ar-su	P
Caesalpinaceae									
<i>Senna septemtrionalis</i> (Viviani) Irwin & Barneby	retama del país			pantrropical	0	0	Fa	Ar	P
Campanulaceae									
<i>Diastatea micrantha</i> (Kunth) McVaugh.			x	neotropical	0	0	Te	H-e	A
Capparaceae									
<i>Polanisia unguiculosa</i> DC.	hierba del coyote		x	restringida	0	0	Te	H-e	A
Caryophyllaceae									
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.			x	americana	0	0	He	H-r	P
<i>Arenaria lycopodioides</i> Willd. ex Schlecht.			x	restringida	0	0	He	H-e	P
<i>Drymaria laxiflora</i> Benth.				mesoamerica	1239	0.2	Te	H-e	A
<i>Drymaria leptophylla</i> (Cham. et Schlecht.) Fenzl.	cademilla		x	mesoamerica	0	0	Te	H-e	A
<i>Minuartia moehringioides</i> (Moc. & Sessé ex Ser.) Matf.				restringida	0	0	Cr	H-r	P
<i>Silene gallica</i> L.	carmelitilla	x	x	cosmopolita	0	0	Te	H-e	A
Chenopodiaceae									
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	epazote		x	pantrropical	0	0	He	H-e	P
<i>Chenopodium graveolens</i> Willd.	epazote de zorrillo		x	neotropical	0	0	Te	H-e	A
Convolvulaceae									
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	correhuela loca	x	x	cosmopolita	2	0.04	He	H-tr	P
<i>Dichondra argentea</i> Sw.	oreja de ratón plateado		x	neotropical	0	0	He	H-r	P
<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L.	ojo de vibora		x	pantrropical	0	1.26	He	H-r	P
<i>Ipomoea capillacea</i> (Kunth) G. Don	coquito			neotropical	0	0	Cr	H-tr	P
<i>Ipomoea cristulata</i> Hall.	clarín (Chiapas)	x	x	nearctica	0	0	Te	H-tr	A
<i>Ipomoea dumetorum</i> Willd. ex Roem. et Schult.				neotropical	0	0	Te	H-tr	A
<i>Ipomoea hederifolia</i> L.	flor de verano		x	pantrropical	0	0.25	Te	H-tr	A

Especie	Nombre común	Especies introducidas	Malezas	Distribución	Lluvia de semillas anual	Valor de importancia	Forma de vida	Forma de crecimiento	Ciclo de vida
<i>Ipomoea orizabensis</i> (Pelletan) Ledeb. ex Steud.	manto, quiebra plato		x	restringida	0	0	He	H-tr	P
<i>Ipomoea pubescens</i> Law.	trompillo			neotropical	0	0	He	H-tr	P
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth.	manto de la virgen		x	panropical	0	0.98	Te	H-tr	A
<i>Ipomoea purpurea</i> var. <i>diversifolia</i> (Lindl.) O'Donnell	manto de la virgen		x	panropical	0	0	Te	H-tr	A
Crassulaceae									
<i>Villadia misera</i> (Lindl.) R.T. Clausen				neotropical	0	0	He	H-tr	P
<i>Altamiranoa mexicana</i> (Schlecht.) Rose				restringida	0	0	Ca	H-e	P
<i>Echeveria coccinea</i> (Cav.) DC.				restringida	0	0	Ca	H-a	P
<i>Echeveria gibbiflora</i> DC.	oreja de burro			restringida	2114	28.31	Ca	H-a	P
<i>Sedum moranense</i> Kunth	chisme		x	restringida	0	0	Ca	Ar	P
<i>Sedum oxypetalum</i> Kunth				restringida	0	0	Fa	Ar	P
<i>Sedum quevovae</i> Hamet				restringida	0	0	Fa	Ar	P
<i>Villadia misera</i> (Lindl.) R.T. Clausen				americana	0	0	Ca	H-e	P
Cucurbitaceae									
<i>Cyclanthera dissecta</i> (Torr. et A. Gray) Am.	raiz de fregar			americana	0	0	Te	H-tr	A
<i>Cyclanthera tannoides</i> Willd. Cogn.	erícillo		x	restringida	0	0	Te	H-tr	A
<i>Sicyos deppii</i> G. Don	chayotillo, erícillo		x	restringida	0	0	Te	H-tr	A
Euphorbiaceae									
<i>Acalypha indica</i> L.	hierba del cáncer		x	panropical	40	0.1	Te	H-e	A
<i>Acalypha phleoides</i> Cav.	hierba del pastor			restringida	0	0	Te	H-e	A
<i>Euphorbia anychioides</i> (Boiss.) Millsp.				mesoamerica	2	0.67	Ca	H-e	P
<i>Euphorbia dentata</i> Michx.	hierba de la araña (Chiapas)		x	americana	0	0.81	Te	H-e	A
<i>Euphorbia graminea</i> Jacq.	onob-kax (maya)		x	mesoamerica	22	0.04	Te	H-e	A
<i>Euphorbia hirta</i> L.	hierba de paloma		x	panropical	1	0	Te	H-e	A
<i>Euphorbia indivisa</i> (Engelm.) Tidestr.	golondrina		x	restringida	0	0	Te	H-e	A
<i>Euphorbia macropus</i> (Klotzsch) Boiss.				mesoamerica	0	0	Cr	H-e	P
<i>Euphorbia nutans</i>				neotropical	0	0	Te	H-r	A
<i>Euphorbia potosina</i> Fern.				restringida	0	0	Te	H-e	A
<i>Euphorbia prostrata</i> Ait.	celidonia, golondrina			neotropical	0	0	Te	H-e	A
<i>Euphorbia serpyllifolia</i> Pers.				americana	0	0	Te	H-e	A
<i>Euphorbia stictospora</i> Engelm.				restringida	0	0	Te	H-r	A

Especie	Nombre común	Especies introducidas	Malezas	Distribución	Lluvia de semillas anual	Valor de importancia	Forma de vida	Forma de crecimiento	Ciclo de vida
<i>Ricinus communis</i> L.	higuierilla, aceite de ricino	x	x	cosmopolita	0	0.49	Fa	Ar	P
Fabaceae									
<i>Brongniartia intermedia</i> Moric.			x	restringida	3	0	Ca	Ar	P
<i>Cologania braussonetii</i> (Balb.) DC.	chipil		x	neotropical	0	0	He	H-tr	P
<i>Crotalaria pumila</i> Ortega	tronadora, chipil		x	americana	0	2.34	Te	H-e	A
<i>Dalea foliolosa</i> (Aiton) Barneby	limoncillo		x	mesoamerica	0	0.12	Te	H-e	A
<i>Dalea humilis</i> G. Don				mesoamerica	0	0.2	Te	H-e	A
<i>Dalea leptostachya</i> Bullock. (Att.)			x	americana	0	0.24	Te	H-e	A
<i>Dalea zinziana</i> S. Schauer	hierba hedionda			restringida	58	0	Fa	Ar	P
<i>Desmodium aparines</i> (Link) DC.				neotropical	0	1.39	He	H-tr	P
<i>Desmodium grahamii</i> A. Gray				nearctica	0	0.1	He	H-tr	P
<i>Desmodium neo-mexicanum</i> A. Gray				neotropical	0	0.04	Te	H-e	A
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) A. Delgado	palo dulce			restringida	1160	5.28	Fa	A	P
<i>Macropitium gibbosifolium</i> (Ortega) A. Delgado			x	americana	0	0	He	H-tr	P
<i>Medicago lupulina</i> L.	carretilla	x	x	americana	0	8.45	Te	H-e	A
<i>Medicago polymorpha</i> L.	carretilla	x	x	cosmopolita	0	4.91	Te	H-e	A
<i>Mellilotus indica</i> (L.) All.	carretón oleroso	x	x	panropical	0	3.39	Te	H-e	A
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	ayocote		x	panropical	0	0	He	H-e	P
<i>Phaseolus leptostachyus</i> Benth				mesoamerica	3	0.41	He	H-tr	P
<i>Phaseolus pauciflorus</i> Sessé et Moc.				restringida	0	0	He	H-tr	P
<i>Phaseolus pedicellatus</i> Benth.				mesoamerica	0	0.87	He	H-tr	P
<i>Phaseolus pluriflorus</i> Maréchal & al.			x	restringida	0	0	He	H-tr	P
Fagaceae									
<i>Quercus deserticola</i> Trel.				restringida	0	0	Fa	A	P
Gentianaceae									
<i>Centaurium quitense</i> (Kunth) B.L. Rob.				neotropical	0	0	Te	H-e	A
Geraniaceae									
<i>Geranium seemannii</i> Peyr.	pata de león		x	neotropical	0	0.08	He	H-e	P
Hydrophyllaceae									
<i>Wigandia urens</i> (Ruiz et Pav.) Kunth	ortiga de tierra caliente		x	neotropical	11375	6.04	Fa	Ar	P

Especie	Nombre común	Especies introducidas	Malezas	Distribución	Lluvia de semillas anual	Valor de importancia	Forma de vida	Forma de crecimiento	Ciclo de vida
Lamiaceae									
<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R. Brown	bastón de San Francisco	x	x	pantrópica	1	0	Te	H-e	A
<i>Lepchinia caulescens</i> (Ortega) Epling	tapachichi		x	mesoamericana	0	0	He	H-e	P
<i>Salvia mexicana</i> Sessé et Moc.	chia cimarrona		x	restringida	5	4.99	He	H-e	P
<i>Salvia tilifolia</i> Vahl			x	neotropical	0	0.6	He	H-e	P
Loasaceae									
<i>Mentzelia hispida</i> Willd.	pegarropa		x	restringida	0	0	Te	H-e	A
Lythraceae									
<i>Cuphea aequipetala</i> Cav.	hierba del cáncer		x	mesoamericana	0	0.04	He	H-e	P
<i>Cuphea wrightii</i> A. Gray			x	neotropical	5	0	Te	H-e	A
Malpighiaceae									
<i>Gaudichaudia cynanchoides</i> Kunth.	hierba del zorro			restringida	0	0	He	Ar	P
Malvaceae									
<i>Anoda cristata</i> (L.) Schtdl.	malva cimarrona, alache		x	americana	0	0.14	Te	H-e	A
<i>Periptera punicea</i> (Lag.) DC.			x	mesoamericana	0	0	Te	H-e	A
<i>Sida rhombifolia</i> L.	huinar			cosmopolita	0	0	Fa	Ar	P
<i>Sphaeralcea angustifolia</i> (Cav.) G. Don	hierba del negro		x	restringida	0	0.53	Fa	Ar	P
Mimosaceae									
<i>Calliandra grandiflora</i> (L'Her.) Benth.	cabello de ángel			mesoamericana	0	0.14	Ca	Ar	P
<i>Mimosa aculeaticarpa</i> var. <i>biuncifera</i> (Benth) Barneby	uña de gato			nearctica	0	0	Fa	Ar	P
Myrtaceae									
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	eucalipto gigante, alcanfor	x		pantrópica	0	0	Fa	A	P
<i>Eucalyptus resinifera</i> Smith		x		americana	185	0	Fa	A	P
Nyctaginaceae									
<i>Mirabilis jalapa</i> L.	malva cimarrona, alache, maravilla		x	pantrópica	0	0	He	H-e	P
Oleaceae									
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	fresno			neotropical	3	0	Fa	A	P
Onagraceae									
<i>Lopezia racemosa</i> Cav.	perilla		x	mesoamericana	0	0.53	Te	H-e	A
<i>Lopezia trichota</i> Schlecht.	peroncillo			restringida	0	0	Ca	H-e	P

Especie	Nombre común	Especies introducidas	Malezas	Distribución	Lluvia de semillas anual	Valor de importancia	Forma de vida	Forma de crecimiento	Ciclo de vida
<i>Oenothera pubescens</i> Willd. ex Spreng.	linda tarde		x	americana	0	0	He	H-e	P
<i>Oenothera purpusil</i> Munz.				restringida	0	0	He	H-e	P
<i>Oenothera rosea</i> L'Her. ex Ait.	agua de azahar		x	pantrropical	0	0.5	He	H-e	P
Oxalidaceae									
<i>Oxalis corniculata</i> L.	agritos		x	pantrropical	0	0.22	Cr	H-e	P
<i>Oxalis divergens</i> Benth. ex Lindl.	xocoyol		x	mesoamerica	0	0	Cr	H-e	P
<i>Oxalis lamulata</i> Zucc.				restringida	0	0	Cr	H-e	P
<i>Oxalis tetraphylla</i> Cav.	xoxocoyolin			mesoamerica	0	0.28	Cr	H-e	P
Passifloraceae									
<i>Passiflora subpeltata</i> Ortega	granada cimarrona		x	pantrropical	149	0.36	He	H-tr	P
Phytolaccaceae									
<i>Agdestis clematidea</i> Moc. et Sesse ex DC.	velo de novia			mesoamerica	0	0	Fa	H-tr	P
<i>Phytolacca icosandra</i> L.	jaboncillo		x	pantrropical	60	0.03	Ca	H-e	P
Piperaceae									
<i>Pellaea sagittata</i> (Cav.) Link				neotropical	0	0	Cr	H-e	P
<i>Peperomia campylotrapa</i> A.W. Hill	ombigo de tierra		x	mesoamerica	0	0.28	Cr	H-e	P
Plumbaginaceae									
<i>Plumbago pulchella</i> Boiss.	cola de iguana		x	restringida	0	0.15	Ca	H-e	P
Polemoniaceae									
<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand.	espinosilla		x	restringida	0	1.13	Ca	Ar	P
Polygonaceae									
<i>Polygonum capitatum</i> Buch.- Ham. Ex D. Don.			x	pantrropical	0	0	Cr	H-r	P
<i>Rumex obtusifolius</i> L.	lengua de vaca	x	x	pantrropical	16	0	He	H-e	P
Portulacaceae									
<i>Calandrinia megarhiza</i> (Hemsl.) MacBryde				restringida	0	0.52	Cr	H-e	P
<i>Portulaca mexicana</i> P. Wilson	cacaloxóchitl			restringida	1	0	He	H-e	P
<i>Portulaca pilosa</i> L.	mañanita (Chiapas)		x	pantrropical	0	0.34	He	H-e	P
<i>Talinum napiforme</i> DC.				restringida	0	0.09	Cr	H-e	P
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	rama de sapo		x	pantrropical	0	0	Cr	H-e	P

Especie	Nombre común	Especies introducidas	Malezas	Distribución	Lluvia de semillas anual	Valor de importancia	Forma de vida	Forma de crecimiento	Ciclo de vida
Primulaceae									
<i>Centunculus minimus</i> L.		x		americana	0	0	Te	H-e	A
Resedaceae									
<i>Reseda luteola</i> L.	gasparilla	x	x	cosmopolita	0	0.5	Te	H-e	A
Rosaceae									
<i>Rubus liebmannii</i> Focke	zarzamora			pantrropical	0	1.07	Cr	Ar	P
Rubiaceae									
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schltld.	trompetilla		x	americana	39	0.81	Fa	H-e	P
<i>Crusea diversifolia</i> (Kunth) W.R. Anderson				mesoamerica	0	0	Te	H-e	A
<i>Crusea longiflora</i> (Wild. ex Roem. et Schult.) W.R. Anderson			x	mesoamerica	0	0.3	Te	H-e	A
<i>Galium uncinulatum</i> DC.				mesoamerica	60	0	He	H-e	P
Sapindaceae									
<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	farolitos		x	cosmopolita	2	0.16	He	H-tr	P
<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	chapulixtle		x	pantrropical	254	2.89	Fa	Ar	P
Scrophulariaceae									
<i>Buchnera pusilla</i> Kunth.	kabalchichibe (maya)		x	neotropical	0	0	Te	H-e	A
<i>Lamourouxia dasyantha</i> (Cham. et Schltld.) W.R. Ernst				restringida	0	0	He	H-e	P
<i>Lamourouxia rhinanthifolia</i> Kunth				restringida	0	0.83	He	H-e	P
<i>Limosella aquatica</i> L.			x	americana	0	0	Te	H-r	A
<i>Penstemon campanulatus</i> (Cav.) Willd.	jarritos			restringida	22	0	Ca	H-e	P
<i>Penstemon roseus</i> (Sweet) G. Dom	mocuepanixóchtli		x	restringida	0	0	Ca	H-e	P
<i>Verbascum virgatatum</i> Stokes	vela candil	x	x	neotropical	0	0	Te	H-e	A
Solanaceae									
<i>Datura stramonium</i> L.	toloahte comun		x	pantrropical	0	0	Ca	H-e	P
<i>Jaltomata procumbens</i> (Cav.) J.L. Gentry	jaltomate			cosmopolita	54	0	Te	H-e	A
<i>Nicotiana glauca</i> Graham	tabaco, tabaco cimarrón	x	x	pantrropical	24	0	Fa	Ar	P
<i>Physalis chenopodiifolia</i> Lam.	tabachin		x	neotropical	0	0	He	H-e	P
<i>Physalis costomati</i> Moc. & Seseé ex Dunal	costomate			restringida	0	0	He	Ar	P
<i>Physalis glutinosa</i> Schltld.	(mazahua, edo. méx.)			restringida	0	0	He	H-e	P
<i>Physalis orizabae</i> Don	(mazahua, edo. méx.)			restringida	0	0	He	H-e	P

Especie	Nombre común	Especies introducidas	Malezas	Distribución	Lluvia de semillas anual	Valor de importancia	Forma de vida	Forma de crecimiento	Ciclo de vida
<i>Physalis patula</i> Mill.	tomatillo pegajoso		x	restringida	272	0	He	H-e	P
<i>Physalis philadelphica</i> Lam.			x	americana	0	0.04	Te	H-e	A
<i>Physalis sordida</i> Fernald	(mazahua, edo. méx.)			restringida	0	0	He	H-e	P
<i>Solanum bulbocastanum</i> Dunal	papa cimarrona		x	mesoamerica	0	0	Cr	H-e	P
<i>Solanum nigrescens</i> M. Martens et Galeotti	chichiquilit		x	americana	0	0.28	Te	H-e	A
<i>Solanum rostratum</i> Dunal	mala mujer		x	nearctica	0	0.04	Te	H-e	A
Valerianaceae									
<i>Valeriana sorbifolia</i> Kunth	hierba del gato			americana	0	0	Te	H-e	A
Verbenaceae									
<i>Verbena carolina</i> L.	verbena común		x	mesoamerica	0	0.45	Te	H-e	
Viscaceae									
<i>Phoradendron brachystachyum</i> (DC.) Nutt.	liga			restringida	0	0	Fa	Ar	P
Vitaceae									
<i>Cissus sicyoides</i> L.	tripa de vaca, tripa de Judas			panropical	27	7.51	Ca	H-tr	P
LILIOPSIDA									
Agavaceae									
<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck	maguey			restringida	21	2.61	He	H-a	P
<i>Manfreda scabra</i> (Ort.) McLaugh	cal-patch (chontal)			mesoamerica	106	1.67	He	H-a	P
Alliaceae									
<i>Allium glandulosum</i> Link & Otto	cebolla de monte		x	restringida	0	0	Cr	H-e	P
<i>Milla biflora</i> Cav.	flor de San Juan		x	mesoamerica	14	0.07	Cr	H-e	P
Amaryllidaceae									
<i>Spekella formosissima</i> (L.) Herb.	acamayo		x	restringida	0	0	Cr	H-e	P
<i>Zephrantes concolor</i> (Lindl.) Bent et Hook F.	mayito			restringida	0	0	Cr	H-e	P
<i>Zephrantes longifolia</i> (Baker ex Donn. Sm.) Standl.				nearctica	0	0	Cr	H-e	P
Anthericaceae									
<i>Echeandia mexicana</i> Cruden				restringida	0	0.37	Cr	H-e	P
<i>Echeandia nana</i> (Baker) Cruden				restringida	0	0	Cr	H-e	P
Bromeliaceae									
<i>Tigridia pavonia</i> (L.f.) DC.				neotropical	0	0	Fa	H-ep	P

Especie	Nombre común	Especies introducidas	Malezas	Distribución	Lluvia de semillas anual	Valor de importancia	Forma de vida	Forma de crecimiento	Ciclo de vida
<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L. (103, 373)	heno pequeño			americana	30	0.22	Fa	H-ep	P
Calochortaceae									
<i>Calochortus barbatus</i> (Kunth) Painter	ayatito		x	restringida	68	0.17	Cr	H-e	P
Commelinaceae									
<i>Commelina coelestis</i> Willd. var. <i>coelestis</i> Willd.	cielo azul		x	americana	0	1.21	He	H-e	P
<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	tripa de pollo		x	panropical	1	1.82	He	H-e	P
<i>Commelina tuberosa</i> L.	quesadilla			cosmopolita	0	0	He	H-e	P
<i>Gibasis linearis</i> (Benth.) Rohweder				restringida	0	0	Cr	H-e	P
<i>Tinantia erecta</i> (Jacq.) Schelcht.	hierba de pollo, felvira		x	neotropical	0	0.09	Cr	H-e	P
<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.			x	mesoamerica	0	0.08	Cr	H-r	P
<i>Tripogandra purpurascens</i> (Schauer) Handlos				americana	0	0	Te	H-r	A
Cyperaceae									
<i>Bulbostylis funckii</i> (Steud.) C.B. Clarke				americana	0	0	Te	H-e	A
<i>Bulbostylis juncoides</i> (Vahl) Kük. ex Osten				americana	17	0	Cr	H-e	P
<i>Cyperus aggregatus</i> (Willd.) Endl.				americana	0	3.63	Cr	H-e	P
<i>Cyperus esculentus</i> L.	coquillo amarillo		x	panropical	1050	0	Cr	H-e	P
<i>Cyperus minimae</i> Kunth.			x	neotropical	0	0	Cr	H-e	P
<i>Cyperus odoratus</i> L.	cuentas de Santa Elena			panropical	0	0	Cr	H-e	P
<i>Cyperus seslerioides</i> Kunth	tuilillo		x	neotropical	0	0.26	Cr	H-e	P
<i>Cyperus spectabilis</i> Link	tule			neotropical	0	3.71	Cr	H-e	P
Dioscoreaceae									
<i>Dioscorea galeottiana</i> Martens	cabeza de brujo			restringida	106	3.42	Cr	H-tr	P
Hipoxidaceae									
<i>Hypoxis mexicana</i> Schult. et Schult. F.	coquito (Sinaloa)		x	neotropical	81	0.19	Cr	H-e	P
Iridaceae									
<i>Sisyrinchium angustissimum</i> (B.L. Rob. Et Greenm.)				restringida	0	0	Cr	H-e	P
<i>Sisyrinchium tenuifolium</i> Humb. et Bonpl. ex Willd.	zacate de la muela			mesoamerica	0	0	Cr	H-e	P
Orchidaceae									
<i>Spiranthes polyantha</i> Rchb. f.	flor del tigre			neotropical	0	0	Cr	H-e	P
<i>Bletia urbana</i> Dressler	chautle			restringida	0	0.03	Cr	H-e	P

Especie	Nombre común	Especies introducidas	Malezas	Distribución	Lluvia de semillas anual	Valor de importancia	Forma de vida	Forma de crecimiento	Ciclo de vida
<i>Gouvenia superba</i> (La Llave et Lex.) Lindl. ex Lodd.	coztizacatzacuóchitl			neotropical	0	0.71	Cr	H-e	P
<i>Habenaria novemfida</i> Lindl.				mesoamerica	0	1.18	Cr	H-e	P
<i>Lantana velutina</i> M. Martens et Galeotti				neotropical	0	0	Cr	H-e	P
<i>Malaxis carnosus</i> (Kunth) C. Schweinf				mesoamerica	0	0	Cr	H-e	P
<i>Malaxis myurus</i> (Rchb. f.) Kuntze				restringida	0	0	Cr	H-e	P
<i>Ponthieva schaffneri</i> (Rchb. f.) E.W. Greenw.				restringida	0	0	Cr	H-e	P
<i>Selaginella sellowii</i> Hieron.				neotropical	0	0.22	Cr	H-e	P
<i>Spiranthes aurantiaca</i> (Lex.) Hemsf.	cutzis			restringida	0	0.06	Cr	H-e	P
<i>Spiranthes cimabarina</i> (Lex.) Hemsf.				restringida	0	0	Cr	H-e	P
<i>Spiranthes Ilaveana</i> Lindl.				mesoamerica	0	0.04	Cr	H-e	P
Poaceae									
<i>Aegopogon cenchrroides</i> Humb. & Bompf. Ex Willd.			x	americana	0	0.39	He	H-e	P
<i>Aegopogon tenellus</i> (DC.) Trin				americana	149	1.37	Te	H-r	A
<i>Bouteloua repens</i> (Kunth) Scribn.				americana	0	0	He	H-e	P
<i>Bromus carinatus</i> Hook. & Arn.	avena loca			americana	0	13.21	Cr	H-e	P
<i>Buchloe dactyloides</i> (Nutt.) Engelm.	zacate chino			nearctica	0	0	He	H-e	P
<i>Chloris gayana</i> Kunth.	zacate gordura	x	x	panropical	0	6.76	He	H-e	P
<i>Chloris virgata</i> Sw.	barbas de indio		x	panropical	0	0.5	Te	H-e	A
<i>Digitaria ternata</i> (A.Rich.) Stapf	zacate casamiento	x	x	neotropical	85	0.14	Te	H-e	A
<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link.			x	americana	0	0.74	He	H-e	P
<i>Eragrostis tenuifolia</i> (A. Rich.) Hochst. ex Steud		x		panropical	0	0	He	H-e	P
<i>Microchloa kunthii</i> Desv.				panropical	17	0.11	He	H-e	P
<i>Muhlenbergia rigida</i> (Kunth) Kunth				americana	21	0.05	He	H-e	P
<i>Muhlenbergia robusta</i> (E. Fourn.) Hitchc.	zacatón			mesoamerica	54314	12.4	Ca	H-a	P
<i>Panicum bulbosum</i> Kunth				americana	0	0	He	H-e	P
<i>Panicum lepidulum</i> Hitch. et Chase				restringida	0	0	He	H-e	P
<i>Paspalum convexum</i> Humb. et Bonpl. ex Flüggé				americana	0	0.6	Te	H-e	A
<i>Paspalum prostratum</i> Scribn. et Meer.	zacate huilero		x	americana	100	0	Te	H-a	A
<i>Paspalum tenellum</i> Willd.			x	neotropical	71	0	He	H-e	P
<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. Ex Chioy.	pasto kikuyo	x	x	panropical	0	9.24	He	H-r	P

Especie	Nombre común	Especies introducidas	Malezas	Distribución	Lluvia de semillas anual	Valor de importancia	Forma de vida	Forma de crecimiento	Ciclo de vida
<i>Pennisetum villosum</i> R. Br. ex Fresen.	zacate plumoso	x	x	pantrópical	0	0	He	H-e	P
<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E. Hubb.	pasto rosado	x	x	pantrópical	2593	7.59	He	H-e	P
<i>Setaria grisebachii</i> E. Fourn.			x	americana	138	0.55	Te	H-e	A
<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguelén.	zacate sedoso		x	cosmopolita	373	0.64	Te	H-e	A
<i>Sporobolus atrovirens</i> (Kunth) Kunth				restringida	61	0.04	He	H-e	P
<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.	pasto alambre		x	cosmopolita	0	1.08	He	H-e	P
<i>Tripsacum dactyloides</i> (L.) L.	zacate maicero			americana	13	0	Ca	H-e	P

La familia Cactaceae

Salvador Arias

Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México
sarias@ibologia.unam.mx

Introducción

Cactaceae es una de las familias más singulares entre las plantas con flores, la cual se puede reconocer por una combinación de caracteres morfológicos propios que incluyen la presencia de tallos suculentos, generalmente verdes, una tendencia a no presentar hojas, y tallos armados con espinas de diversas formas, tamaños y colores. Sin embargo, hay tres caracteres estructurales únicos para esta familia: presencia de aréolas, el meristemo apical de la rama está organizado en cuatro zonas distintivas y un ovario sumido en el receptáculo. El carácter más evidente es la aréola, es decir pequeños braquiblastos donde los nudos están completamente reducidos, cubiertos por una capa de tricomas multicelulares. Las aréolas, por lo tanto, son grupos de meristemas que dan origen a flores y nuevos brotes (Anderson, 2001; Nobel, 2002).

Si bien las cactáceas se distribuyen por toda América, continente del cual son nativas, diversos estudios taxonómicos indican que en México se encuentra la mayor diversidad de especies. Fuentes recientes indican que en el territorio mexicano hay 63 géneros con aproximadamente 670 especies, de las cuales 518 especies son endémicas del país (Guzmán *et al.*, 2003). Las zonas con clima seco, también conocido como estepario, (BS) y muy seco (BW) (García, 1973) son las más propicias para la presencia de cactáceas. Por lo tanto, los estados del norte, noroeste y sur del país, donde existen condiciones de aridez y estacionalidad marcada en la vegetación (p. ej. San Luis Potosí, Coahuila, Nuevo León, Oaxaca, Za-

catecas, Tamaulipas y Sonora) tienen la mayor diversidad de especies (Godínez-Álvarez y Ortega-Baés, 2007). Otro factor es el histórico, ya que se sugiere que los ambientes áridos existen en ciertas áreas del actual territorio mexicano desde el Mioceno Temprano o posiblemente Eoceno Tardío (Axelrod, 1979; Rzedowski, 1998); asimismo se sugiere que en ciertas áreas, como las de la Altiplanicie, han sido refugios para la flora durante el último periodo glacial (Hernández y Bárcenas, 1995).

Para el Valle de México se han reportado hasta 61 especies de cactáceas (Scheinvar, 1985), la mayoría de las cuales están relacionadas filogenéticamente con taxa nativos de la Altiplanicie, con excepciones que permiten conocer la mínima influencia de taxa del sur del Eje Neovolcánico (*Mammillaria haageana*) y de regiones montañosas (*Disocactus speciosus*). Es necesario añadir que los asentamientos humanos en el Valle, que abarcan los últimos 25 mil años (Serra, 1990) han modificado el ambiente y su flora, por lo que algunas cactáceas actualmente presentes en el valle son resultado de esta influencia.

En particular, el ecosistema del Pedregal de San Ángel alberga 11 especies de cactáceas (Tabla 1). Actualmente en los fragmentos más bajos del pedregal donde predomina el matorral xerófilo, y que corresponden a la Reserva Ecológica, está documentada la presencia de siete especies. A continuación se describen tres taxa, con excepción de *Opuntia* que será tratado por Scheinvar, en este volumen.

Tabla 1. Especies de cactáceas del Pedregal de San Ángel citadas por varios autores.

Rzedowski (1954)	Gold (1966)	Scheinvar (1985)	Valiente-Banuet y de Luna (1990)	Castillo et al. (2007)	Presente en la Reserva	Nombre actual (excepto <i>Opuntia</i>)
	<i>Heliocereus speciosus</i>	<i>H. speciosus</i>	-	-	sí	<i>Disocactus speciosus</i>
		<i>Coryphantha connivens</i>				<i>Coryphantha pycnacantha</i>
<i>Mammillaria discolor</i>		<i>M. discolor</i>				<i>Mammillaria discolor</i>
<i>Mammillaria elegans</i>	<i>M. elegans</i>	<i>M. elegans</i>	<i>M. san-angelensis</i>	<i>M. elegans</i>	sí	<i>Mammillaria haageana</i> subsp. <i>san-angelensis</i>
<i>Mammillaria magnimamma</i>	<i>M. magnimamma</i>	<i>M. magnimamma</i>	<i>M. magnimamma</i>	<i>M. magnimamma</i>	sí	<i>Mammillaria magnimamma</i>
		<i>Mammillaria purpurea</i>			-	Nombre dudoso
		<i>Mammillaria rutila</i>			-	<i>Mammillaria rhodantha</i>
		<i>Opuntia cretochaeta</i>			-	
		<i>Opuntia hyptiacantha</i>				
<i>Opuntia lasiacantha</i>	<i>O. lasiacantha</i>	<i>O. rzedowski</i>		<i>O. rzedowski</i>	sí	
			<i>Opuntia robusta</i>	<i>O. robusta</i>	sí	
		<i>Opuntia sarca</i>				
<i>Opuntia tomentosa</i>		<i>O. tomentosa</i>	<i>O. tomentosa</i>	<i>O. tomentosa</i>	sí	
<i>Opuntia tunicata</i>		<i>Cylindropuntia xpallida</i>	<i>O. tunicata</i>		sí	

Cactáceas de la Reserva Ecológica

Disocactus speciosus

Disocactus speciosus (Figs. 1 y 2) (Cav.) Barthlott, Bradleya 9: 87. 1991. *Cactus speciosus* Cav. A. Cienc. Nat. Madrid 6: 339. 1803. *Heliocereus speciosus* (Cav.) Britton & Rose, Contr. U.S. Natl. Herb. 12: 434. 1909.

Plantas trepadoras, rupícolas. Tallos hasta 4 m de largo, 1.5–3.5 cm de ancho, ascendentes, pronto péndulos, verdes o rojizos; costillas (3–)4–6, el margen crenado; aréola con 7–16 espinas, 0.5–1 cm de largo, aciculares, divergentes, setosas (en tallos juveniles) a rígidas (en tallos maduros), amarillo claro a translúcidas, después grisáceas. Flor 11–15(–18) cm de largo; pericarpelo 1.2–1.8 cm de largo, 1–1.3 cm de ancho, verde, podarios ligeramente conspicuos, escamas ca. 1 mm de largo, deltoides, verdes, espinas 8–12, 5–8 mm de largo, aciculares, semirrígidas o setosas, amarillo claro; tubo receptacular 2–3.2 cm de largo, pardo rojizo a oscuro, podarios decurrentes, escamas 2–6 mm, deltoides, pardo rojizas, espinas 8–12, 5–8 mm de largo, aciculares, algunas rígidas, otras setosas, amarillentas; tépalos externos 6.5–9 cm de largo, 1.3–1.5 cm de ancho, angostamente lanceolados, ápice acuminado, rojo-escarlata a pardo-rojizo; tépalos internos 6.8–9 cm de largo, 2.2–2.5 cm ancho, lineal-lanceolados, ápice angosto hasta acuminado, escarlatas; estambres 4–6 cm de largo, declinados, filamentos verdosos o blanquecinos en la base, rojos en el ápice; estilo 11.5–14.3 cm largo, verde o blanquecino en la base, rojo en el ápice, lóbulos del estigma 9–10, 1–1.8 cm de largo, blancos a amarillos. Fruto 5–5.5 cm de largo, ca. 2.8 cm de ancho, oblongo, podarios ligeramente conspicuos, espinas ca. 10, cortas, setosas, amarillo claras; semillas ovoides, 2–2.5 mm, negro-cafés, con testa lustrosa.



FIG. 1. *Disocactus speciosus* bajo cultivo en la colección de cactáceas del Jardín Botánico. Foto: S. Arias.



FIG. 2. *Disocactus speciosus* en floración en el Pedregal de San Ángel. Foto: H. Bravo.

Comentarios sobre la especie. *Heliocereus* fue reconocido como un grupo de especies (incluyendo la señalada aquí) en la tribu Hylocereeae, caracterizadas por ser rupícolas a epífitas, tallos con 2–7 costillas y con espinas, flores por lo general rojas (con una excepción), así como pericarpelo y tubo grueso con podarios decurrentes y espinas (Bravo-Hollis, 1978; Kimnach, 1993). Más re-

cientemente Bauer (2003) propuso ampliar el género *Disocactus* para incorporar a *Heliocereus* y otros (*Aporocactus*, *Nopalxochia*), con base en una revisión taxonómica. En el caso de *Disocactus speciosus*, incluyó a *D. aurantiacus*, *D. cinnabarinus* y *D. schranckii*. Sin embargo, las propuestas de este autor requieren ser analizadas mediante estudios sistemáticos comparativos más detallados (estructurales y moleculares).

Su presencia en la Reserva está documentada. Fue colectado cerca de Tlalpan por Rose (8242, en 1905, NY, US), mientras que Britton y Rose (1920), Reiche (1926) y Gold (1966) también la refieren del Pedregal. En un tratamiento taxonómico sobre cactáceas del Valle de México, Scheinvar (1985) la refiere del Pedregal, en particular del área actualmente comprendida en la Reserva. Si bien en la actualidad está cultivada en el Jardín Botánico, un par de ejemplares han sido colectados fuera de su perímetro.

Distribución. Especie nativa de serranías del noroeste, centro y sur de México (Chiapas, Durango, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Sinaloa), así como en Guatemala, El Salvador y Honduras.

Ejemplares examinados en el área de la Reserva. Anónimo s.n., 31 ago 1962 (MEXU); *M. Kimnach* 383, 6 ago 1962 (HNT).



FIG. 3. *Mammillaria haageana* subsp. *san-angelensis* en el Pedregal de San Ángel. Foto: S. Arias.



FIG. 4. *Mammillaria haageana* subsp. *san-angelensis*. Planta propagada en el Jardín Botánico, Ciudad Universitaria. Foto: S. Arias.

Hábitat. Crece en matorrales, bosque de *Quercus*, bosque mixto y bosque mesófilo de montaña. Se encuentra en elevaciones de 1800 a 2800 m.

Mammillaria haageana

Mammillaria haageana (Figs. 3 y 4) Pfeiff., Allg. Gartenzeitung 4: 257. 1836.

Plantas simples o con ramificación. Tallos 3–12 cm de alto, 4–17 cm de ancho, globosos a cortamente cilíndricos, jugo semilechoso, tubérculos 4–8 mm de largo, cónico-piramidales, verde claro a verde glauco, axilas con tricomas o desnudas; aréolas con 14–24(–38) espinas radiales, 3–7 mm de largo, aciculares, rectas a ligeramente curvas, blancas; espinas centrales (0–)2–4(–6), (3–)5–10(–15) mm de largo, generalmente las inferiores más largas, aciculares, ascendentes, rectas, rígidas, divergentes, blancas, pardo claro a oscuro, ápice pardo o negro, con la edad grises. Flor 0.8–2 cm de largo, infundibuliforme; pericarpelo y tubo receptacular 2.6–5.4 mm de largo; tépalos externos 1.8–9.8 mm de largo, linear-lanceolados, base verde claro, ápice agudo a obtuso, rosa a rojo-púrpura o pardas, margen finamente aserrado, blanco a rosa púrpura; tépalos internos 0.6–1.1 cm de largo, lanceolados, ápice

agudo a obtuso, rosa a rosa-púrpura, franja media más oscura, margen entero; estambres 3.8–5.3 mm de largo, filamentos blancos, ápice rosa; estilo 0.6–1.3 cm de largo, base amarillo, ápice rosa, lóbulos del estigma 3–6, amarillo-verdoso a verde oscuro. Fruto 1–1.9 cm de largo, claviforme, rojo, rosa en la base; semillas 1–1.2 mm de largo, reniforme, testa parda clara.

De las subespecies reconocidas, la siguiente combinación corresponde al taxón presente en el área de la Reserva:

Mammillaria haageana subsp. *san-angelensis* (Sánchez-Mej.) D.R. Hunt, *Mammillaria Postscripts* 6: 9. 1997. *Mammillaria san-angelensis* Sánchez-Mej., *Cact. Suc. Mex.* 26: 8. 1981.

Comentarios sobre la especie. El conocimiento taxonómico sobre *Mammillaria haageana* (Serie *Supertextae*) es aún parcial, pero hay algunos estudios que indican que posiblemente se trata de una especie ampliamente distribuida en el sur de México. Por ejemplo, Palomino *et al.* (1999) y Del Ángel *et al.* (2006), reportan que el tamaño del genoma, número cromosómico ($2n=2x=22$, $x=11$) es común en cuatro especies de la Serie *Supertextae*, incluyendo *M. haageana* (*M. san-angelensis*). Un estudio florístico sobre cactáceas del valle de Tehuacán-Cuicatlán (Arias *et al.*, 1997) muestra la notable variación existente en caracteres vegetativos (tamaño y ramificación de individuos, tamaño de podarios, presencia y densidad de tricomas, número y tamaño de espinas) en este taxón. No obstante es claro que estas evidencias podrán confirmarse o no mediante un estudio comparativo y detallado de todas las variantes conocidas para la especie (*M. acultzingensis*, *M. collina*, *M. conspicua*, *M. san-angelensis*, *M. haageana* subsp. *schmollii*).

Un problema nomenclatural hay que añadir a este taxón. El nombre *Mammillaria elegans* fue descrito por De Candolle en 1828 a partir de muestras colectadas por T. Coulter, probablemente de Hidalgo. Durante el siglo xix y parte del xx, el nombre *M. elegans* fue asignado a diversos taxa de diferentes lugares (Distrito Federal, Hidalgo, México, Morelos, Oaxaca y Puebla), constituyendo un nombre

dudoso y creando continuos errores de interpretación. Por lo tanto, Hunt (1977) propuso rechazar el nombre *M. elegans*, y al mismo tiempo delimitar en nombre *M. haageana*. Detalles sobre los nombres *M. elegans*, *M. haageana* y *M. san-angelensis* pueden revisarse en Sánchez-Mejorada (1981), Hunt (1984), Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991) y Hunt (2006).

Distribución. Especie endémica de México, se encuentra en el Distrito Federal y en los estados de México, Morelos, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Veracruz. Por su parte, *M. haageana* subsp. *san-angelensis* es exclusiva del Pedregal, donde su población es sumamente reducida (observaciones personales). Por lo tanto la subespecie está protegida en México, según la disposición federal en materia bajo la categoría en peligro de extinción (SEMARNAT, 2002).

Ejemplares examinados en el área de la Reserva. L. Scheinvar 1613, 29 oct 1974 (MEXU).

Hábitat. Bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo, bosque de *Quercus* y vegetación secundaria, se encuentra con frecuencia en lugares abiertos y perturbados. En elevaciones de 800 a 2550 m.

Mammillaria magnimamma

Mammillaria magnimamma (Fig. 5) Haw., Hill, Phill. Mag. 63: 41. 1824.



FIG. 5. *Mammillaria magnimamma*. Acercamiento de un tallo con botones florales. Foto: S. Arias.

Plantas simples o con ramificación formando grupos.

Tallos 8–20 cm de ancho, globoso-aplanados, con la base enterrada, jugo lechoso, tubérculos 8–18 mm de largo, subpiramidales, cuadrangulados, verde grisáceo a oscuro, axilas con tricomas; aréolas sin espinas radiales (eventualmente 1–3), espinas centrales 3–6, hasta 25 mm de largo, desiguales, rectas a curvas, rígidas, grises a ligeramente amarillentas. Flor 2–2.5 cm de largo, infundibuliforme; tépalos externos lanceolados, ápice agudo, margen aserrado a denticulado, rosado purpúreos con la base más clara; tépalos internos oblongos, ápice agudo, margen entero, desde amarillo claro con franja media roja, a rosados, a purpúreos con línea media más intensa; filamentos blancos a rosados; estilo casi blanco, lóbulos del estigma 5–7, amarillo-rosados. Fruto 2–3.5 cm de largo, claviforme, rojo carmín; semillas ca. 1.6 mm de largo, reniformes, testa parda clara.

Comentarios sobre la especie. Se trata de una especie muy variable en caracteres vegetativos (tamaño de los podarios, número, tamaño, color de las espinas centrales) y algunos florales (margen y color de tépalos, color de los lóbulos de estigma). La amplia distribución de la especie, que abarca de Zacatecas al Distrito Federal, así como su relación con factores ambientales, probablemente expliquen la variación morfológica encontrada.

Distribución. Nativa del la Altiplanicie mexicana, desde Zacatecas y San Luis Potosí al norte, hasta el Distrito Federal, México y Tlaxcala al sur

Ejemplares examinados en el área de la Reserva. *H. Bravo s.n.*, abr 1961 (MEXU); *N. Diego 10*, oct 1965 (MEXU); *C. González s.n.*, 10 dic 1996 (MEXU).

Hábitat. Crece en terrenos planos o laderas poco pronunciadas, de los matorrales xerófilos, pastizales y áreas abiertas de bosques de *Quercus*, en elevaciones de 1700 a 2600 m.

Literatura citada

- ANDERSON, E. F. 2001. The cactus family. Timber Press, Estados Unidos.
- ARIAS, S., S. GAMA Y L.U. GUZMÁN-CRUZ. 1997. Cactaceae. Pp. 1-146, en: Dávila, P., J.L. Villaseñor, R. Medina y O. Téllez (eds.). Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 14. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- AXELROD, D. I. 1979. Age and origin of Sonoran Desert vegetation. *Occasional Papers of the California Academy of Science*, **132**: 1-74.
- BAUER, R. 2003. A synopsis of the tribe Hylocereeae F. Buxb. Cactaceae. *Systematics Initiatives*, **17**: 3-61.
- BRAVO-HOLLIS, H. 1978. Las cactáceas de México. 2ª ed. Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BRAVO-HOLLIS, H. Y H. SÁNCHEZ-MEJORADA. 1991. Las cactáceas de México. 2ª ed. Vol. 3. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BRITTON, N. L. Y J. N. ROSE. 1920. The Cactaceae. The Carnegie Institution of Washington, Estados Unidos.
- CASTILLO, S., Y. MARTÍNEZ, M. A. ROMERO, P. GUADARRAMA, O. NÚÑEZ, I. SÁNCHEZ Y J.A. MEAVE. 2007. Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Aspectos florísticos y ecológicos. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- DEL ÁNGEL, C., G. PALOMINO, A. GARCÍA E I. MÉNDEZ. 2006. Nuclear genome size and karyotype analysis in Mammillaria species (Cactaceae). *Caryologia*, **59**: 177-186.
- DE CANDOLLE, A. P. 1828. Revue de la famille des Cactées. *Mémoires du Muséum d'Histoire Naturelle*, **17**: 3-119.
- GARCÍA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2ª ed. Larios, México.
- GODÍNEZ-ÁLVAREZ, H. Y P. ORTEGA-BAES. 2007. Mexican cactus diversity: environmental correlates and conservation priorities. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **81**: 81-87.
- GOLD, D. B. 1966. Las cactáceas del Distrito Federal. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, **11**: 94-96.
- GUZMÁN, U., S. ARIAS Y P. DÁVILA. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

- HERNÁNDEZ, H. M. Y R. T. BÁRCENAS. 1995. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert I: distribution patterns. *Conservation Biology*, **9**: 1176-1188.
- HUNT, D. 1977. Schumann & Buxbaum recompiled. *Cactus and Succulent Journal of Great Britain*, **39**: 97-100.
- HUNT, D. 1984. A new review of Mammillaria names D-K. *Bradleya*, **2**: 65-96.
- HUNT, D. 2006. The new cactus lexicon. David Hunt, Milborne Port.
- KIMNACH, M. 1993. The genus *Disocactus*. *Haseltonia*, **1**: 95-139.
- NOBEL, P. S. (ED.). 2002. Cacti biology and uses. University of California Press, Berkeley.
- PALOMINO, G., J. DOLEZEL, R. CID, I. BRUNNER, I. MÉNDEZ Y A. RUBLUO. 1999. Nuclear genome stability of *Mammillaria san-angelensis* (Cactaceae) regenerants induced by auxins in long-term in vitro culture. *Plant Science*, **141**: 191-200.
- REICHE, C. 1926. Flora excursoria en el valle central de México. Secretaría de Educación Pública, México.
- RZEDOWSKI, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, **8**: 59-129.
- RZEDOWSKI, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Pp. 129-145, en: T.P. Rammamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Diversidad biológica de México. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- SÁNCHEZ-MEJORADA, H. 1981. Un nuevo nombre para una cactácea del Anáhuac. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, **26**: 6-10.
- SCHEINVAR, L. 1985. Cactaceae. Pp. 93-135, en: Rzedowski, J. y G.C. Rzedowski (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. 2. Dicotyledoneae. Instituto Politécnico Nacional e Instituto de Ecología A.C., México.
- SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, marzo de 2002.
- SERRA, M. C. 1990. El pasado ¿Una forma de acercarnos al futuro? 25 mil años de asentamientos en la Cuenca de México. Pp. 3-28, en: Kumate, J. y M. Mazari (eds.). Problemas en la Cuenca de México. El Colegio Nacional, México.
- Valiente-Banuet, A. y E. de Luna. 1990. Una lista florística para la Reserva del Pedregal de San Ángel. *Acta Botanica Mexicana*, **9**: 13-30.

Subfamilia Opuntioideae (Cactaceae)

Léia Scheinvar

Jardín Botánico, Instituto de Biología,
Universidad Nacional Autónoma de México
leia@ibiologia.unam.mx

Introducción

El presente estudio tiene como objetivo describir los nopales y chollas que se encuentran presentes en la vegetación de la Reserva del Pedregal de San Ángel, incluyendo aquellas que documentadas en ejemplares de herbario del inicio del siglo XX, en el cercano Pedregal de Tlalpan, cuyas condiciones ecológicas y de vegetación son similares.

El Pedregal de San Ángel es parte del Valle de México y Rzedowski (1975) considera que desde el punto de vista florístico, esta región tiene una situación privilegiada por su diversidad de hábitats y su ubicación en la mitad meridional de la República Mexicana, considerada como una de las regiones más ricas del mundo en cuanto a su flora. El desarrollo de una diversidad biológica muy particular y única, que incluye varias familias de suculentas xerófitas permite la existencia de algunos endemismos. Algunos géneros de cactáceas están ahí representados (*Opuntia*, *Cylindropuntia*, *Mammillaria*, *Ferocactus* y *Disocactus*). (Ver Arias, en este volumen).

En este estudio describiremos los nopales y chollas (*Opuntia* spp. y *Cylindropuntia* spp.), miembros de la subfamilia Opuntioideae (Cactaceae).

Primeros exploradores que refieren cactáceas del Pedregal

Karl Fr. Reiche (1914; 1929) fue un botánico activo en el Valle de México durante la época de la Revolución Mexicana y los años subsiguientes. Excursionó en los alrededores de la Capital. En 1914 publicó "La vegetación en los alrededores de la Capital de México" donde hay una lista de 16 especies de cactáceas presentes en el Valle de México.

J. N. Rose en 1915 recorrió los Pedregales de San Ángel y de Tlalpan, con el objeto de coleccionar, describir y sacar fotos de las cactáceas ahí existentes como contribución a la monografía de la familia Cactaceae, obra en 4 tomos, que juntamente con N. L. Britton fue publicada entre 1919-1924. El género *Opuntia* fue descrito en el volumen 1 (Britton y Rose, 1919).

Jerzy Rzedowski (1954) publicó un estudio sobre la vegetación del Pedregal de San Ángel. Léia Scheinvar (1982), elabora su tesis doctoral sobre las Cactáceas del Valle de México, incluyendo datos de las especies encontradas en los Pedregales de San Ángel y de Tlalpan. Posteriormente publica el capítulo relacionado con la familia Cactaceae para la primera y segunda edición de la obra de Rzedowski y Rzedowski (1985; 2001) con datos relacionados con las especies del Pedregal.

Caracterización de la familia Cactaceae

La familia Cactaceae pertenece al orden Caryophyllales. Es nativa del Continente Americano, siendo México el país que contiene más de 50% de sus especies y un 50% de endemismos, tanto a nivel genérico como específico (Bravo, 1978; Bravo y Sánchez-Mejorada, 1982). Es por lo tanto un importante centro de diversificación de la familia. Algunas de las principales características son: suculentas; xerófitas; perennes; presentan aréolas en el tallo, en el pericarpelo de la flor y en la superficie de la mayoría de los frutos; con metabolismo CAM; con pigmentos nitrogenados: betalainas; con hojas laminares en pocos y primitivos géneros; en la mayoría de las especies con espinas (acúleos); distribuida en el Continente Americano.

La familia Cactaceae comprende tres subfamilias: Pereskioideae, Opuntioideae y Cactoideae (Barthlott y Hunt, 1993) y los nopales y chollas pertenecen a la subfamilia Opuntioideae, que se caracteriza por presentar: artículos verdes, cilíndricos o aplanados, fotosintéticos, encadenados unos a los otros, con glóquidas y hojas solo en los artículos o cladodios juveniles y en el pericarpelo de la flor, de 0.5 a 1.5 cm de largo, subuladas, crasas y deciduas,

Géneros de la subfamilia Opuntioideae presentes en la Reserva del Pedregal de San Ángel

En la Reserva del Pedregal de San Ángel se encuentran dos géneros de la familia Cactaceae, subfamilia Opuntioideae: *Cylindropuntia* (Engelm.) Knuth in Backebg. y *Opuntia* Mill.

Las especies de estos dos géneros desempeñan un importante papel en el ecosistema por presentar raíces fibrosas muy extendidas y superficiales, pudiendo durante las noches captar, a través de la región pilífera, el rocío que recubre el suelo, y de esta forma, introducir el agua al tallo con un movimiento ascendente. Estudios de Llovera-Lozano (1985) indican que asociadas a sus raíces se encuentran bacterias nitrificantes, capaces de absorber e introducir en la planta y en el suelo, el nitrógeno del aire. Montiel y Olivares (1997) y Fabián *et al.* (2004) refieren micorrizas relacionadas con una mayor absorción de fósforo, agua y nutrientes, enriqueciendo así el suelo donde habitan.

Los artículos y cladodios encadenados son verdes, con enorme cantidad de tejido fotosintético, mucho mayor que en hojas laminares de otras familias; poseen abundante fibra y mucílago (baba) que es un polisacárido compuesto por arabinosa y xilosa, que evita la deshidratación en largos periodos secos.

El género *Opuntia sensu stricto* está representado por más de 200 especies que se distribuyen desde Norte América hasta Argentina y Chile. Britton y Rose (1919), en su monumental monografía de la familia Cactaceae, describen todas las especies de *Opuntia* del Continente Americano conocidas en su época. Asimismo, describen las *Cylindropuntia* como subgénero norteamericano de *Opuntia*, cuyas especies se distribuyen en México, sur de los Estados Unidos e islas del Caribe, con nueve series que reúnen 29 especies y 29 variedades. En México, Bravo (1978) reconoce 64 especies y 30 variedades de *Opuntia*, agrupadas en 17 de las series propuestas anteriormente por Britton y Rose (1919). También considera *Cylindropuntia* como subgénero de *Opuntia* y describe 38 especies y 31 variedades para México.

En la Reserva del Pedregal de San Ángel se reconoce 5 especies de *Opuntia*, todas productoras de tunas comestibles y 2 de *Cylindropuntia*, una de las cuales produce frutos ácidos: xoconostles, utilizados en la alimentación humana. Características morfológicas y moleculares (Wallace, 2002) indican que se trata de dos géneros distintos.

Clave distintiva de *Cylindropuntia* y *Opuntia*:

1. Artículos cilíndricos, verdes. Espinas recubiertas por una vaina papirácea. Epidermis e hipodermis con cristales de oxalato de calcio (drusas). Granos de polen tectados, no reticulados, periporados. Frutos muchas veces prolíficos, formando cadenas..... **1. *Cylindropuntia***

1. Artículos aplanados (cladodios), verdes. Espinas no poseen vaina papirácea. Epidermis sin cristales de oxalato de calcio (drusas) Granos de polen semitectados, reticulados, periporados. Frutos no prolíficos..... **2. *Opuntia***

1. *Cylindropuntia* (Engelm.) Knuth in Backeb. & Knuth, Kakt. ABC p. 117, 410, 1935.

Opuntia, subg. *Cylindropuntia* Engelm., Cact. Of the Boundaries p. 53, 1858.

Especie tipo: *Opuntia imbricata* DC.

Este género se distribuye desde el W de los Estados Unidos de América en Colorado, Kansas y Oklahoma y en México, desde Baja California hasta el sur del Valle de México.

En el Pedregal de San Ángel hay una especie y un híbrido.

Clave dicotómica de las especies de *Cylindropuntia* en el Pedregal.

1. Artículo no encubiertos por las espinas. Frutos jugosos, ácidos, con semillas bien formadas..... ***Cylindropuntia imbricata***

1. Artículo completamente encubiertos por las espinas. Frutos y semillas atrofiados..... ***Cylindropuntia x pallida***

Cylindropuntia imbricata (DC.) Kunth in Backeb. & Knuth, Kaktus-ABC p. 125. 1935. Lectotipo: *Opuntia vexans* Griffiths, Ann. Rep. Mo. Bot. Gard. 22: 28 pl. 6 1911 (en parte, las dos hileras a la derecha). D. Griffiths No. 9174, X.1905. No. Reg. US: 2437234. Designado por L. D. Benson p. 914, 1982. (Fig. 1).

Bas. *Cereus imbricatus* Haw., Syn. Pl. Succ. p. 70. 1812.

Sin. *Opuntia imbricata* (Haw.) DC., Prodr. 3 : 471. 1828.

Nombres comunes: Cardón, abrojo, cholla, coyonostle; el fruto: xoconostle.

Planta ornamental. Los frutos son ácidos (en náhuatl: xoco=ácido; noxtle=tuna), utilizados como condimento en muchos guisos, así como en los frijoles y moles de olla. El tallo seco sirve de antorcha y produciendo una llama muy larga. En épocas prehispánicas era usada para prender el Fuego Nuevo al final de cada siglo (52 años). Actualmente en el campo, sus tallos secos son recolectados por los campesinos que los consideran como excelente leña para cocinar y aquecer sus viviendas. Los tallos presentan una bonita estructura leñosa de vasos libero-leñosos oblongos y cuando barnizados, son utilizados para hacer lámparas de noche, mesitas, marcos de cuadros y otras artesanías.

No referida en la NOM 059-ECOL 2001 (2002). Especie muy abundante en los matorrales xerófilos de México, pero en el Pedregal de San Ángel es muy rara. Debe ser protegida de la destrucción por actividades humanas y la destrucción de los hábitats en que se encuentra. Debe ser considerada como una especie vulnerable por las actividades humanas, así como todas las cactáceas de México, aunque sean abundantes.



Fig. 1. *Cylindropuntia imbricata* (Haw.) Knuth. A. Hábito de la planta. B. Artículos cilíndricos, con podarios imbricados, espinas y vista exterior de una flor. C. Vista interior de una flor. D. Planta con frutos amarillos, a veces encadenados (xoconostles). Fotos: G. Olalde Parra.

Material examinado del Pedregal: Delegación Coyoacán, Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 2110 msnm, M. Mitastein 289 (ENCB). Delegación Coyoacán, Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, L. Scheinvar 1065 y C. Álvarez (MEXU).

Se distribuye en el Distrito Federal, Estado de México, Tlaxcala, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, San Luis Potosí, Zacatecas, Jalisco, Aguascalientes, Coahuila, todo el centro de México y desierto Chihuahuense hasta el oeste de los Estados Unidos de América (sudeste de Arizona, Kansas, Oklahoma y oeste de Texas).

Cylindropuntia x pallida (Rose) Knuth in Backeb. & Knuth, Kakt. ABC p. 126. 1935. Holotipo: Hidalgo, near Tula, 1905, J. N. Rose, J. H. Painter & J. S. Rose 8290 (NY). (Fig. 2).



Fig. 2. *Cylindropuntia x pallida* (Rose) Knuth in Backeb. & Knuth. A. Hábito. B. Vista exterior e interior de flores. C. Acercamiento de la vista interior de una flor. D. Planta con frutos secos atrofiados con semillas atrofiadas. Fotos: G. Olalde Parra.

Bas. *Opuntia pallida* Rose, Smiths. Misc. Coll. 50: 507. 1908.

Planta subarborescente, muy vigorosa, con tronco corto bien definido, cuyos frutos son 100% atrofiados, solo se reproduce vegetativamente; invasora de áreas de cultivo abandonadas y con amplia distribución geográfica en los estados del centro de México.

Los artículos son verticilados y se desprenden con facilidad; las agresivas espinas retrobarbadas se fijan en los animales que las visitan y así, vegetativamente, las llevan a otras áreas o regiones, habiendo llegado como plantas invasoras hasta Centro América, Sudamérica, en Perú, Ecuador, N de Chile y Argentina e islas del Caribe (Cuba, J. Acuña, Baracoa, Oriente, HABA).

En el Pedregal de Tlalpan, de la Delegación de Tlalpan, este híbrido fue colectado y descrito por Rose en el inicio del siglo XX como *Opuntia pallida* Rose (1908). El ejemplar de herbario depositado en el Smithsonian Institution. Herbario Nacional de los Estados Unidos es el siguiente: Pedregal de Tlalpan, 1905, J. N. Rose J. H. Painter & J. S. Rose 8426 (US).

Se encuentra ampliamente distribuida en los matorrales xerófilos del centro de México, entre los 2300 y 2600 m snm. Fuera del Valle de México se encuentra del otro lado de la Serranía de Pachuca, en el Valle del Mezquital y en Querétaro.

Con relación a los probables progenitores de este híbrido es posible que sean: *Cylindropuntia tunicata* (Lehm.) Knuth de San Luis Potosí, que difiere por presentar: plantas casi rastreras; formando clones y matorrales convexos; sin tronco definido; flor amarilla; granos de polen, frutos y semillas fértiles. Probablemente el otro progenitor es la *C. imbricata*. (Haw.) Knuth, con la que convive.

No la hemos encontrado en el Pedregal de San Ángel, pero hay un ejemplar de herbario colectado en el Pedregal de Tlalpan, en 1905, por J. N. Rose, J. H. Painter & J. S. Rose No. 8428 (US), depositado en US. Decidimos incluirla en este estudio basados en que las condiciones ecológicas y la vegetación del Pedregal de Tlalpan son similares a las del Pedregal de San Ángel.

2. Opuntia (Tourn.) Mill., Gard. Dict. Abridg., r4a.ed., 1754.

Bas. *Cactus Opuntia* Tourn., Inst. Rei Herb. 1: 236. 1700.

Sin. Cactodendron Big., Pac. Ocean 3: 102, 1856.

Cactus Lem. Non L., Les Cact. P. 86. 1868.

Ficindica St. Leger, Ann. Soc. Bot. Lyon 7: 70. 1880.

Clave dicotómica de las especies de *Opuntia* en el Pedregal.

1. Cladodios glaucos (verde azulosos grisáceos). Aréolas distantes de 4.1 a 6cm entre sí. Espinas ausentes 1. *O. larreyi*

1. Cladodios verdes. Aréolas distantes 2 a 2.5 cm entre sí. Espinas presentes.

2. Cladodios con la epidermis tomentosa.

3. Cladodios 3 veces más largos que anchos. Flor roja tubulosa. Fruto elipsoide 2. *O. tomentosa*

2. Cladodios 1.5 a 2 veces más largos que anchos. Flor amarilla rotada con tintes rojos. Fruto subgloboso 3. *O. sarca*

2. Cladodios con la epidermis glabra.

4. Cladodios elípticos a angostamente obovados, podarios elevados. Aréolas dispuestas en 8 a 9 series 4. *O. rzedowskii*

4. Cladodios obovados o circulares, sin podarios elevados. Aréolas dispuestas en 12 series de espirales.

5. Tronco con corteza grisácea, no escamosa. Cladodios obovados.

Espinas dirigidas hacia fuera, divergentes 5. *O. streptacantha*

5. Tronco con corteza negra, escamosa. Cladodios, al menos los últimos, circulares. Espinas adpresas al cladodio..... 6. *O. hyptiacantha*

1. *Opuntia larreyi* F. A. C. Weber, in Coulter, Contr. U.S. Nat. Herb. 3: 423. 1879. (Fig. 3).

O. camuesa F.A.C. Weber, in Bios, Dict. Hort. p. 895.1898. nom. inval.

Sin. *Opuntia robusta* Wendl. var. *larreyi* (F. A. C. Weber) Bravo, Cact. Suc.Mex. 17(4):119.1972.

Nombre común: Nopal camueso.

Especie domesticada, ampliamente distribuida en el Pedregal de San Ángel y Pedregal de Tlalpan, También se distribuye en Hidalgo, Querétaro y otros estados del centro de la República Mexicana, donde convive con la *O. robusta* Wendl., probablemente su ancestro, domesticada en épocas prehispánicas.

Es una planta ornamental. Los frutos son dulces, subglobosos, rojos o blancos, comestibles. Los cladodios juveniles son utilizados como verdura (nopalitos) y son excelente forraje para el ganado. De sus frutos rojos se extraen pigmentos naturales utilizados para diferentes



Fig. 3. *Opuntia larreyi* F. A. C. Weber. A. Planta dentro del Pedregal de San Angel. B. Cladodios verde glaucos, sin espinas, con una flor, vista interior. C. Botones florales y flor, vista exterior. D. Cladodios encadenados en el Pedregal. E. Cladodio con frutos ligeramente tuberculados, inmaduros. Fotos: G. Olalde Parra.

fines. En Sudáfrica sus cladodios son cultivados y son substrato de la cochinilla de la grana.

Es posible que esta especie se origine a partir de la *O. robusta* con espinas. Posee flores hermafroditas, tanto estructuralmente como fisiológicamente. Especie tetraploide ($2n=44$). Bravo (1978) la describió como var. *larreyi* de la *O. robusta*. El nombre camueso tendría prioridad, pero no fue publicado, por lo que es un nombre inválido.

2. *Opuntia tomentosa* Salm-Dyck, Obs. Bot. Hort. Dyck Not. p. 8. 1822. (Fig. 4).



Fig. 4. *Opuntia tomentosa* Salm-Dyck subsp. *tomentosa*. A. Planta del Pedregal de San Ángel en el Jardín Botánico. B. Planta en el Pedregal con flor roja. C. Vista interior de una flor. D. Fruto rojo casi maduro. Fotos: G. Olalde Parra.

Nombre común: Nopal chamacuelo, lengua de vaca.

Esta especie presenta tres variedades: la *O. tomentosa* subsp. *tomentosa*, abundante en la mesa central de México,

con flores tubulosas rojas, perianto no extendido en la antesis. La var. *hernandezii* (DC.) Bravo, de Oaxaca, con flores anaranjadas con manchas rojas, extendidas en la antesis, hospedera del *Dactylopius coccus* Berg. (cochinilla de la grana). La var. *herrerae* Scheinvar, con flores totalmente amarillas, presente más al norte del Valle de México.

La subsp. *tomentosa* es abundante en el Pedregal de San Ángel donde se encuentra una especie híbrida entre *O. tomentosa* Salm-Dyck X *Opuntia rzedowskii* Scheinvar, con epidermis tomentosa.

Ejemplares examinados del Pedregal: Deleg. Coyoacán, Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, Jardín Botánico de la UNAM, Camellón 10, 2329 m, 29.IV.1974, L. Scheinvar 1409, 1410 (MEXU, ENCB). Jardín Botánico de la UNAM, 2320 m, 17.III.19777, L. Scheinvar & G. Prián 2219, 2220, 2221 (MEXU). Deleg. Tlalpan, Pedregal de Tlalpan, Tlalpan, 13.IV.1973, 2320 m, L. Scheinvar & C. Álvarez 1063A (MEXU).

3. *Opuntia sarca* Griffiths ex Scheinvar, Phytologia 49:313- 338. 1981. Neotipo: Griffiths 8120 (US), designado por L. Scheinvar (1982 p. 540). (Fig. 5).

Nombre común: nopal chamacuerito.

Plantas con epidermis pubescente, cladodios anchamente obovados, de color verde amarillento, con flores amarillas o anaranjadas con estrias o manchas rojas, frutos subglobosos.

En el Valle de México, además de ser abundante en las delegaciones de Tlalpan y Coyoacán, fue colectada en otros municipios del Estado de México y de Hidalgo, inclusive en el Valle del Mezquital y observada en Querétaro, generalmente en suelo derivado de rocas basálticas, en matorrales xerófilos, entre 2320 y 2700 m snm.

David Griffiths colectó y fotografió plantas de esta especie pero no llegó a publicarla. En sus apuntes la nombró como *O. sarca* (zarco en español significa azuloso). Esta especie realmente tiene cladodios verdes con tonos azulosos y el fruto que es rojo purpúreo, algo azuloso. La autora dio créditos a Griffiths nombrándola con el nombre por él escogido (Scheinvar, 1982; 1985).



Fig. 5. *Opuntia sarca* Griffiths ex Scheinvar. A. Hábito de una planta en el Pedregal de San Ángel. B. Cladódios espatulados con botones y flores anaranjadas con bandas rojas. C. Flor, vista interior. D. Flor, vista exterior. E. Frutos inmaduros, cuando maduros, son rojos. Fotos: G. Olalde Parra. (izquierda)

Fig. 6. *Opuntia rzedowskii* Scheinvar. A. En el Pedregal con botones florales, flores y frutos verdes. B. Dos flores, vista interior. C. Botones florales y flores, vista exterior. Fotos G. Olalde Parra. (abajo)

4. *Opuntia rzedowskii* Scheinvar, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Aut. México 48 ser. bot. (1).123-175.1976. (Fig. 6).

Nombre común: Nopal de Pedregal.

Hibridiza con la *Opuntia tomentosa*, también abundante en el Pedregal y los híbridos presentan la forma de los cladodios y la pubescencia como la *O. tomentosa*, y espinas y flores como la *O. rzedowskii*.

Algunos cactólogos la confundieron con *Opuntia lasiacantha* Pfeiff., arbórea, con cladodios mayores y espina inferior refleja, blanca, distribuida en el centro de la república mexicana, cuya descripción original dice: espinas blancas, derechas, las superiores 3 a 4, cortísimas, la inferior larguísima; artículos de 9.8 a 12.3 cm de largo y 5 a 12.5 cm de ancho.

La *O. rzedowskii* posee espinas amarillas, a veces reflejas, torcidas, aplanadas; aréolas inferiores sin espinas; en las superiores (1) 2 (3) espinas, cuando son 2 o más, la superior es la más larga, reflejas,



torcidas, aplanadas; aréolas inferiores sin espinas. Cladodios de 17.5 a 30 cm de largo y 8 a 12 cm de ancho.

Se distribuye en el Distrito Federal: Delegaciones de Coyoacán y de Xochimilco. Estado de México: Municipios de San Martín de las Pirámides y de Atizapán de Zaragoza, entre 2230 y 2500 msnm, en matorrales xerófilos, sobre rocas basálticas y andesíticas. Es abundante en el Pedregal de San Ángel y en los camellones de la Ciudad Universitaria.

Material examinado del Pedregal: Deleg. Coyoacán: Pedregal de San Ángel, 2320 m, 4.VII.1969, E. Toledo s.n. (MEXU); Pedregal de San Ángel, 2320 m, 16.VII.1969, E. Toledo s.n. (MEXU); Ciudad Universitaria, 2320 m, 25.IX.1973, L. Scheinvar 1193, 1194 (MEXU); Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 2320 m, 6.XII.1973, L. Scheinvar 1242 (MEXU, ENCB); Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 2320 m, 6.VIII.1974, L. Scheinvar 1550 (MEXU); Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 2320 m, 21.I.1975, L. Scheinvar & col. 1636, 1637, 1638, 1639, 1640, 1641, 1646 (MEXU, ENCB); Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 2320 m, 5. II.1977, L. Scheinvar 2216 (MEXU-HOLOTIPO; ENCB). Deleg. Tlalpan:Tlalpan, 29.VIII.1906, J. N. & J. S. Rose 11218 (NY); Tlalpan, 11.VIII.1906, J. N. Rose 1020 (US); Tlalpan, 11.VIII.1906, J. S. Rose 1020 (US); Tlalpan, near Mexico City, 11.VIII.1906, J. S. Rose s.n. (NY); Pedregal de Tlalpan, Cerro Zacatepetl, 2300 m, 2.II.1973, L. Scheinvar 953, 953A (MEXU); Pedregal de San Ángel, Cuicuilco, 2320 m, 13.IV.1973.

5. *Opuntia streptacantha* Lem., Cact. Gen. Nov. Sp. p. 62. 1839. (Fig. 7).

Nombres comunes: Tuna mansa, nopal cardón, tuna cardona, nopal de tuna colorada.

Especie protegida por los campesinos del Valle de México debido a sus dulces y jugosos frutos. Se encuentra cultivada en muchos huertos familiares. Con sus frutos se elabora el queso de tuna y sus subproductos: colonche (bebida fermentada) y melcocha (mermelada) en San Luis Potosí y Zacatecas. Especie cultivada en Italia, Marruecos y Perú, donde se naturalizó y se transformó en una maleza.



Fig. 7. *Opuntia streptacantha* Lem. A. Hábito de una planta en el Pedregal. B. Tronco grisáceo, liso y cladodios obovados, espinas blancas, divergentes, dirigidas hacia afuera. C. Cladodio con flores amarillas. D. Cladodios con frutos obovados, rojos. Fotos G. Olalde Parra.

Se distribuye en Zacatecas, San Luis Potosí, Durango, Aguascalientes, Hidalgo, Querétaro. Estado de México y Distrito Federal.

Ejemplar examinado del Pedregal. Deleg. Coyoacán, Pedregal de San Ángel, Ciudad Univesitaria, Jardín Botánico IBUNAM, 2320 m, 2 V 2008, G. Olalde & L. Scheinvar 7327 (MEXU, UACH, MO).

5. *Opuntia hyptiacantha* F. A. C. Weber ex Bois, Dict. Hort. p. 896. 1883- 1899. (Fig. 8).

Nombres comunes: Nopal cascarón, tuna mansa, tuna corriente.

Esta especie fue colectada en el Pedregal de Tlalpan, en 1906, por lo que la autora supone que también existía en el Pedregal de San Ángel, pero no hay material de herbario que lo compruebe.

Los frutos son dulces pero chicos, utilizados también en la elaboración del queso de tuna y sus subproductos: melcocha (mermelada) y colonche (bebida fermentada). Sus pigmentos rojos son un buen colorante natural empleado en la elaboración de jamones, embutidos y yogurt, entre otros productos.

Material examinado del Pedregal: Distrito Federal: Deleg. Tlalpan, Pedregal, 21.VI.1865, E. Bourgeau 305 (G); Pedregal de Tlalpan, 29.VIII.1906, J. N. Rose 18 (NY).

Especie distribuida en los estados del centro de la república mexicana (Nuevo León, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Estado de México), hasta el Distrito Federal.



Fig. 8. *Opuntia hyptiacantha* F. A. C. Weber. A. Hábito de una planta en el Pedregal. B. Tronco negruzco con corteza escamosa. C. Cladódios circulares con frutos globosos, rojos. Fotos G. Olalde Parra.

Agradecimientos

Agradezco la colaboración del Biól. Gabriel Olalde Parra, quien tomó las fotos en el Pedregal de San Ángel, acompañado de la Pas. Biól. Miriam Mena Mendieta. A la Pas. Biól. Claudia González Cadena quien colaboró en la organización de las láminas ilustrativas y Pas. de Biól. Elia Matías Hernández, quien colaboró en la revisión de este trabajo.

Literatura citada

- BARTHLOTT, W. Y D. R. HUNT. 1993. Cactaceae. P.p. 161-197. En: K. Kubitzki. The families and genera of vascular plants. Vol. 2, Springer-Verlag, Berlin.
- BRAVO H., H. 1978. Las Cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. v. 1. México, D.F.
- BRAVO H. H. Y H. SÁNCHEZ-MEJORADA 1982. Las Cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. v. 2,3. México, D.F.
- BRITTON, N. L. Y J. N. ROSE. 1919. The Cactaceae V. 1. Carnegie Inst. Washington, DC.
- FABIÁN V., Y., D. MONTIEL S., J. L. OLIVARES O., P. ZAVALA B. Y A. FIERRO A. 2004. Efecto simbiótico entre poblaciones micorrízicas sobre *Opuntia matudae* establecida en una ladera altamente erosionada. Memoria del X Congreso Nacional y VIII Congreso Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal y otras Cactáceas de Valor Económico. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México.
- LLOVERA-LOZANO, J. 1985. Aislamiento y caracterización de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico de rizosfera de nopal. Tesis Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.
- MONTIEL S., D. Y J. L. OLIVARES O. 1997. Presencia de la micorriza vesículo arbuscular en cuatro cultivares de nopal (*Opuntia* spp.) en Huichapan, Hidalgo. Memoria del VII Congreso Nacional y V Congreso Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León.
- NORMA OFICIAL MEXICANA (NOM) 059-2001. 2002. Ecología. Diario Oficial, 2ª Sección. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Miércoles 6 de marzo. México, D.F.
- REICHE, C. 1914. La vegetación en los alrededores de la capital de México. Secretaria de Educación Pública. México, D.F. 143 pp.
- REICHE, C. 1929. Flora excursoria del Valle de México. Secretaría de Educación Pública, D.F. 303 pp.
- RZEDOWSKI, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela de Ciencias Biológicas* **8**: 59-130.
- RZEDOWSKI, J. 1975. Flora y vegetación en la cuenca del Valle de México. P.p. 79-134. En: Memoria de las Obras del Sistema del Drenaje Profundo del Distrito Federal V. 1. Talleres Gráficos de la Nación, México, D.F.
- SCHEINVAR, L., 1982. La familia de las cactáceas en el Valle de México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 726 pp.
- SCHEINVAR, L. 1985. Cactaceae. P.p. 93-135. En: Rzedowskii J. y G. Rzedowskii (eds). Flora Fanerogamica del Valle de México v. 2. Escuela nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional e Instituto de Ecología A. C. México.
- WALLACE, R. S. 2002. Systematic implications of chloroplast DNA variation in subfamily *Opuntioideae* (Cactaceae). 27th IOS Congress, Desert Botanical Garden, Arizona.

Orquídeas

Gerardo A. Salazar

Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México
g.salazar@ibiologia.unam.mx

Introducción

La familia Orchidaceae constituye uno de los grupos de plantas más diversos, con alrededor de 25 mil especies conocidas a nivel mundial (Chase *et al.*, 2003; Dressler, 2005). Las orquídeas se distribuyen en todos los continentes (excepto la Antártida) pero su mayor diversidad se concentra en las regiones tropicales. México, situado en el límite norte del trópico americano, alberga una notable riqueza de orquídeas y han sido registrados en el país alrededor de 1260 especies y 170 géneros (Hágsater *et al.*, 2005; Soto *et al.*, 2007). Este número de taxa continúa incrementándose por el descubrimiento tanto de especies nuevas para la ciencia como de especies que eran conocidas de otros países pero no habían sido encontradas aquí. Se estima que alrededor del 40% de las orquídeas mexicanas son endémicas (Soto, 1996).

Aunque los bosques de neblina y las selvas tropicales húmedas del sur del país son los ecosistemas más favorables para la existencia de orquídeas, éstas se distribuyen en gran parte del territorio nacional, con excepción de las zonas de aridez extrema (Soto, 1996; Hágsater *et al.*, 2005). Las áreas montañosas con una sequía estacional marcada, como la Cuenca de México, albergan una diversidad moderada de especies y en ellas predominan los taxones terrestres, en contraste con los ambientes más cálidos y húmedos, donde son preponderantes las especies epífitas.

Las orquídeas ocupan el tercer lugar a nivel nacional en lo referente a las familias de plantas con mayor diversidad taxonómica, siendo superadas sólo por Asteraceae

y Fabaceae (Villaseñor, 2003; Hágsater *et al.*, 2005); así mismo, constituyen la quinta familia de fanerógamas con mayor número de especies en la Cuenca de México y las 60 especies registradas hasta el momento representan aproximadamente 3% de la flora de la región (Rzedowski y Calderón, 1989).

Varias publicaciones han incluido listados de orquídeas registradas en el Pedregal de San Ángel, ya sea en trabajos específicamente enfocados a esta área (Rzedowski, 1954; Valencia, 1977; Valiente-Banuet y de Luna, 1990; Téllez *et al.*, 2007) o en estudios florísticos sobre la Cuenca de México (Reiche, 1926; Sánchez, 1969; Peña, 2001). También han sido publicadas algunas contribuciones que documentan la presencia en el Pedregal de ciertos taxones en particular (Soto, 1983; García-Peña, 1986) o aspectos generales de las orquídeas que habitan en él (Téllez-Velasco, 2002). Rojo y Rodríguez (2002) y Castillo *et al.* (2007) incluyeron algunas especies de orquídeas en sus guías fotográficas de las plantas de la Reserva y aproximadamente la mitad de las especies conocidas hoy en día fueron ilustradas con dibujos de línea, ejecutados por Elvia Esparza, en Téllez *et al.*, 2007). Sin embargo, la discusión más amplia de la historia natural de las orquídeas del Pedregal de San Ángel hasta ahora publicada se encuentra en Hágsater *et al.* (2005). En la presente contribución se resume la información disponible sobre la composición taxonómica, la distribución geográfica y algunos aspectos ecológicos de las orquídeas del Pedregal (incluyendo interacciones bióticas como la polinización y la depredación de óvulos por insectos), así como algunas consideraciones sobre el estado de conservación de las especies.

Composición taxonómica de la orquideoflora del Pedregal de San Ángel

La orquideoflora del Pedregal de San Ángel está constituida por representantes de las dos subfamilias más diversas entre las cinco que se reconocen actualmente en la familia Orchidaceae, a saber, Orchidoideae y Epidendroideae (Tabla 1). Con excepción de *Epidendrum anisatum*, que forma parte de un género predominantemente epífita pero que puede vivir también sobre rocas, las orquídeas del Pedregal pertenecen a grupos esencialmente terrestres.

Los géneros con mayor número de representantes en el Pedregal son *Bletia* (seis especies), *Malaxis* (cuatro especies) y *Habenaria* (cuatro especies). Los dos primeros géneros están particularmente diversificados en México (Soto, 1996) y el tercero es un género cosmopolita complejo y poco estudiado, como lo demuestra el hecho de que una de las especies del Pedregal al parecer no ha sido formalmente descrita (M. A. Soto, com. pers. 2007; Fig. 1). *Deiregyne*, *Dichromanthus* y *Schiedeella* cuentan cada uno con dos especies en el área, mientras que el resto de los géneros, incluyendo *Aulosepalum*, *Cyrtopodium*, *Epidendrum*, *Govenia*, *Liparis*, *Mesadenus*, *Microthelys*, *Ponthieva* y *Triphora*, están representados por una sola especie (Tabla 1). El grupo taxonómico mejor representado en el área es la subtribu Spiranthinae, que incluye siete géneros y 10 especies. Las Spiranthinae constituyen uno de los linajes de orquídeas terrestres más diversos del neotrópico y en México se encuentra uno de sus dos principales centros de diversidad; el otro está en Brasil y el norte de Argentina (Salazar, 2003a, b). Aunque en algunas publicaciones prácticamente todas las especies de esta subtribu han sido incluidas en el género *Spiranthes* s.l. (e.g. Williams, 1951; McVaugh, 1985; Peña, 2001; Castillo *et al.*, 2007), los análisis filogenéticos efectuados recientemente han mostrado que *Spiranthes* s.s. es un grupo derivado que sólo representa una fracción de la notable gama de variación estructural, ecológica y de síndromes de polinización desplegada por la subtribu (Salazar 2003a, b; Salazar *et al.*, 2003).

En la lista de especies de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y áreas circundantes (Tabla 1) han sido omitidos algunos taxones cuya presencia no ha podido ser verificada con ejemplares de herbario o ilustraciones preparadas a partir de plantas recolectadas

ahí, especialmente si se sabe que esas especies se encuentran en hábitats que no están presentes en las partes bajas del sur de la Cuenca de México. Ejemplos de lo anterior son *Govenia liliacea*, citada por Reiche (1926) y Téllez-Velasco (2002), *Galeottiella (Spiranthes) sarcoglossa* (Valencia, 1977) y *Tamayorkis (Malaxis) ehrenbergii* (Téllez *et al.*, 2007). Todas ellas requieren más humedad y suelen encontrarse a mayor elevación. Por otra parte, *Bletia coccinea* se conoce de regiones definitivamente más cálidas y sería difícil que sus vistosas flores pasaran desapercibidas para los colectores botánicos. Algunos taxones citados por Valencia (1977), tales como *Habenaria dipleura*, *Sarcoglottis cerina* y *Spiranthes vernalis* muy probablemente representan identificaciones erróneas, pues su



Fig. 1. *Habenaria* aff. *filifera*. Especie aún no descrita formalmente pero común en el Pedregal. Fotografía: Gerardo A. Salazar.

Tabla 1. Orquídeas registradas en el área de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y sus inmediaciones. Los nombres aceptados de las especies se indican en negrita/itálica. Los sinónimos y nombres incorrectamente aplicados en la literatura se incluyen a continuación entre paréntesis.

Taxon	Ejemplar de respaldo (herbario) o referencia bibliográfica
Subfamilia Orchidoideae	
Tribu Orchideae	
Subtribu Habenariinae	
<i>Habenaria clypeata</i> Lindl.	Lyonnet 152 (MEXU)
<i>Habenaria novemfida</i> Lindl.	Flores 69 (FCME)
<i>Habenaria strictissima</i> Rchb.f.	Lyonnet 621 (MEXU)
<i>Habenaria aff. filifera</i> S.Wats. (<i>Habenaria entomantha</i> [La Llave & Lex.] Lindl. <i>sensu auct.</i> ; <i>H. guadalajarana</i> S.Wats. <i>sensu</i> Peña, 2001 y Téllez-Velasco <i>et al.</i> , 2008)	Lyonnet 611bis (MEXU)
Tribu Cranichideae	
Subtribu Cranichidinae	
<i>Ponthieva schaffneri</i> (Rchb.f.) E.W.Greenw. (<i>Cranichis schaffneri</i> Rchb.f.)	Mera y Sandoval 340 (MEXU)
Subtribu Spiranthinae	
<i>Aulosepalum pyamidale</i> (Lindl.) M.A.Dix & M.W.Dix (<i>Spiranthes pyramidalis</i> Lindl.; <i>Schiedeella pyramidalis</i> [Lindl.] Schltr.; <i>Deiregyne pyramidalis</i> [Lindl.] Burns-Bal.)	Castillo 382 (FCME)
<i>Deiregyne albovaginata</i> (C.Schweinf.) Garay (<i>Schiedella albovaginata</i> [C.Schweinf.] Burns-Bal.)	Salazar y Cabrera 6560 (MEXU)
<i>Deiregyne confusa</i> Garay (<i>Spiranthes durangensis</i> Ames & C.Schweinf. <i>sensu</i> Peña, 2001; <i>Galeottiella sarcoglossa</i> [A.Rich.] Schltr. <i>sensu</i> Téllez <i>et al.</i> , 2007; <i>Schiedeella confusa</i> [Garay] Espejo & López-Ferrari)	Reynaud s.n. (ilustración inédita, AMO)
<i>Dichromanthus aurantiacus</i> (La Llave & Lex.) Salazar & Soto Arenas (<i>Spiranthes aurantiaca</i> [La Llave & Lex.] Hemsl.; <i>Stenorrhynchos aurantiacum</i> [La Llave & Lex.] Lindl.)	Diego 125 (MEXU)
<i>Dichromanthus cinnabarinus</i> (La Llave & Lex.) Salazar & Soto Arenas (<i>Spiranthes cinnabarina</i> [La Llave & Lex.] Hemsl.; <i>Stenorrhynchos cinnabarinum</i> [La Llave & Lex.] Lindl.)	Flores 74 (FCME)
<i>Mesadenus polyanthus</i> (Rchb.f.) Schltr. (<i>Spiranthes polyantha</i> Rchb.f.; <i>Brachystele polyantha</i> [Rchb.f.] Buns-Bal.)	Matuda 26153 (MEXU)
<i>Microthelys minutiflora</i> (A.Rich. & Galeotti) Garay (<i>Spiranthes minutiflora</i> A.Rich. & Galeotti)	Jiménez 2340 (AMO)
<i>Sarcoglottis schaffneri</i> (Rchb.f.) Ames (<i>Spiranthes schaffneri</i> Rchb.f.)	Pringle 8867 (MEXU)
<i>Schiedeella crenulata</i> (L.O.Williams) Espejo & López-Ferrari (<i>Schiedeella llaveana</i> [Lindl.] Schltr. <i>sensu</i> Téllez <i>et al.</i> , 2007).	Lyonnet s.n. [4803000005-A] (MEXU)
<i>Schiedeella llaveana</i> (Lindl.) Schltr. (<i>Spiranthes llaveana</i> Lindl.; <i>Schiedeella confusa</i> [Garay] Espejo & López-Ferrari <i>sensu</i> Téllez <i>et al.</i> , 2007)	Panti 9 (MEXU)

Taxon	Ejemplar de respaldo (herbario) o referencia bibliográfica
Subfamilia Epidendroideae	
Tribu Triphoreae	
<i>Triphora trianthophora</i> (Sw.) Rydb. (<i>Triphora mexicana</i> [S.Wats.] Schltr. sensu Valiente-Vanuet y de Luna, 1990)	Téllez y Delgado 4529 (MEXU)
Tribu Calypsoeae	
<i>Govenia lagenophora</i> Lindl. (<i>Govenia superba</i> [La Llave & Lex.] Lindl. sensu Soto, 1983 y autores subsecuentes)	Villaseñor <i>et al.</i> 933 (MEXU)
Tribu Epidendreae	
Subtribu Bletinae	
<i>Bletia campanulata</i> La Llave & Lex.	Zamudio 8193 (MEXU)
<i>Bletia macrithmochila</i> Greenm.	Gómez 3 (FCME)
<i>Bletia neglecta</i> Sosa (<i>Bletia reflexa</i> Lindl. sensu Valencia [1977] y autores subsecuentes)	Valencia, 1977
<i>Bletia punctata</i> La Llave & Lex.	Soto, 1983
<i>Bletia purpurata</i> A.Rich. & Galeotti	Soto, 1983; Peña, 2001
<i>Bletia urbana</i> Dressler	Gorman s.n. (MEXU)
Subtribu Laeliinae	
<i>Epidendrum anisatum</i> La Llave & Lex.	E. Hágsater, citado por Peña, 2001
Tribu Malaxideae	
<i>Liparis greenwoodiana</i> Espejo (<i>Liparis vexillifera</i> [La Llave & Lex.] Cogn. sensu Valencia, [1977] y autores subsecuentes).	Valencia 715 (AMO)
<i>Malaxis carnososa</i> (Kunth) C.Schweinf.	Miranda 706 (MEXU)
<i>Malaxis muyrus</i> (Lindl.) Kuntze	Lyonnet 612A (MEXU)
<i>Malaxis rodriguezana</i> R.González (<i>Malaxis xerophila</i> Salazar & L.I.Cabrera; <i>Malaxis brachyrrhynchos</i> [Rchb. f.] Ames y M. fastigiata [Rchb.f.] sensu Peña, 2001 y Castillo <i>et al.</i> , 2007).	Mera y Sandoval 338 (MEXU)
Tribu Cymbidieae	
Subtribu Catasetinae	
<i>Cyrtopodium macrobulbon</i> (La Llave & Lex.) G.A.Romero-González & Carnevali (<i>Cyrtopodium punctatum</i> [L.] Lindl. sensu Soto, 1983)	Soto, 1983; Hágsater <i>et al.</i> , 2005

distribución conocida no incluye la Cuenca de México. Por otra parte, no ha sido posible examinar un ejemplar de *Bletia reflexa* del área de interés, pero el dibujo de Valencia (1977), basado en una planta presumiblemente recolectada en el Pedregal, muestra las características distintivas de *Bletia neglecta*, especie que hasta recientemente había sido confundida con *B. reflexa* (Sosa, 1994).

Todos los registros del género *Govenia* del Pedregal examinados corresponden a *G. lagenophora* (Fig. 2), mientras que los identificados como *Malaxis brachyrrhynchos* y *M. fastigiata* representan a *Malaxis rodriguezana* (González, 1994; Fig. 3). Esta especie se distribuye ampliamente en áreas montañosas de México estacionalmente secas pero sólo recientemente ha sido reconocida como distinta (González, 1994; Salazar y

Cabrera, 2001, como *M. xerophila*). Recientemente Téllez-Velasco *et al.* (2008) registraron la presencia de *Tamayokis (Malaxis) ehrenbergii*, pero el material en que basaron su registro representa a *Malaxis carnososa*.

Algunas especies incluidas en la Tabla 1 no han sido observadas en el área de la Reserva en las últimas décadas. Sin embargo, varias de ellas, como *Habenaria strictissima* y *Microthelys minutiflora*, aún se encuentran en localidades cercanas como el Bosque de Tlalpan, que forma parte del mismo derrame de lava (R. Jiménez, com. pers. 2008). *Liparis greenwoodiana* fue registrada en “la parte alta del Pedregal” por Valencia (1977, como *L. vexillifera*) pero no ha sido vuelta a ver desde entonces. *Habenaria clypeata* fue recolectada en el Pedregal en 1927 por el profesor lasallista Ernest Lyonnet y una fotografía de la misma especie fue publicada por Rojo y Rodríguez (2002). *Schiedeella crenulata* no había sido incluida en inventarios previos de las orquídeas del Pedregal pero existe un ejemplar recolectado en 1948, también por Lyonnet, en Peña Pobre, muy cerca de los límites actuales de la Reserva y la misma especie fue ilustrada recientemente de la Reserva en Téllez *et al.* (2007: 57) como “*Schiedeella llaveana*”.



Fig. 2. *Govenia lagenophora*. Fotógrafo: Gerardo A. Salazar.

Aspectos ecológicos

Con la única excepción de *Epidendrum anisatum*, todas las orquídeas registradas en la Reserva son terrestres, es decir, viven arraigadas en el suelo, que puede ser más o menos profundo en el caso de *Govenia lagenophora* o someras acumulaciones de humus en oquedades entre o sobre las rocas, como en *Mesadenus polyanthus* (Fig. 4) y *Schiedeella llaveana* (Fig. 5). Todas las especies terrestres del Pedregal pierden las hojas durante la temporada de sequía y poseen órganos de perennación subterráneos (excepto *Cyrtopodium macrobulbon*, que tiene tallos engrosados aéreos, o seudobulbos). En los representantes de la subfamilia Orchioideae (*Habenaria*, *Ponthieva*, los géneros de *Spiranthinae*) y en *Triphora trianthophora* de la subfamilia Epidendroideae, dichos órganos de perennación consisten en raíces más o menos engrosadas o tuberosas, mientras que los otros grupos epidendroides (*Bletia*, *Govenia*, *Malaxis*) presentan tallos engrosados subterráneos (cormos). *Govenia lagenophora* es única en su género al presentar una suerte de “jarra”, por lo general llena de agua, formada por las vainas dilatadas que envuelven los pecíolos de las hojas y la base de la inflorescencia, mientras que en otras especies de *Govenia* las vainas son estrechas. Es tentador pensar que dicha agua podría constituir una reserva del líquido para esta orquídea, que habita en ambientes más secos que el resto de las especies del género, pero no existe evidencia de ello.



Fig. 3. *Malaxis rodriguezana*. Fotógrafo: Gerardo A. Salazar.

En algunas especies de *Spiranthinae*, incluyendo *Aulosepalum pyramidale* (Fig. 6), *Dichromanthus cinnabarinus* (Fig. 7), *Mesadenus polyanthus* y *Schiedeella llaveana* las raíces son muy carnosas y presentan espacios intercelulares en la corteza, referidos como “espacios supraendodérmicos” (Figueroa *et al.*, 2008). No se conoce con certeza la función de dichos espacios. Sin embargo, al cortar transversalmente las raíces de estas especies hay una copiosa secreción de mucílago y es posible que los espacios supraendodérmicos representen canales secretores de mucílago como los que han sido reportados para algunas compuestas (Guttenberg, 1968, citado en Esau, 1987). El mucílago consiste en polisacáridos, puede ayudar a almacenar agua y es especialmente abundante en plantas adaptadas a ambientes áridos (Esau, 1987). La presencia de mucílago en las raíces de estas orquídeas podría representar una adaptación para tolerar una sequía estacional marcada (Figueroa *et al.*, 2008). Es interesante que aunque se trata de tallos, no raíces, los cormos de las especies de *Bletia*, *Govenia* y *Malaxis* también tienen abundante mucílago, por lo que varias de ellas son conocidas en algunas partes de México como “chautles” (de *tzauhtli*, una palabra náhuatl para designar engrudo o pegamento; García-Peña y Peña, 1981; Hågsater *et al.*, 2005).



Fig. 5. *Schiedeella llaveana*. Fotografía: Gerardo A. Salazar.



Fig. 4. *Mesadenus polyanthus*. Fotografía: Gerardo A. Salazar.



Fig. 6. *Aulosepalum pyramidale*. Fotografía: Gerardo A. Salazar.

Triphora trianthophora presenta algunas particularidades en su ciclo de vida. Por ejemplo, las plantas no producen brotes aéreos en todas las temporadas de crecimiento, siendo aparente que pueden permanecer en latencia durante uno o más años (García-Peña, 1986; Hágsater *et al.*, 2005; Rothacker, 2005). Adicionalmente, las flores abren una a una sucesivamente, duran poco tiempo abiertas y las flores de todas las plantas de una población abren simultáneamente.

Interacciones bióticas

Las orquídeas brindan algunos ejemplos clásicos de interacciones bióticas complejas, como la íntima relación que establecen con hongos micorrízicos ya sea para la germinación (Rasmussen, 1995; Zettler *et al.*, 2003; Hágsater *et al.*, 2005; Ortega-Larrocea *et al.*, este volumen) o para su manutención a lo largo de su vida (i.e. orquídeas micoheterótrofas). Otro tipo de interacción que ha sido objeto de numerosos estudios en las orquídeas es su polinización, en la que participan varios grupos de animales (e.g. Darwin, 1877; van der Pijl y Dodson, 1966; Hágsater *et al.*, 2005). Las relaciones entre orquídeas y hongos en el Pedregal es discutida en otro capítulo de este volumen (Ortega-Larrocea *et al.*). Aquí sólo se presenta un recuento breve de la información disponible sobre la polinización natural de las orquídeas del Pedregal y de la depredación de óvulos de orquídeas por larvas de himenópteros. Este último fenómeno ha sido muy poco estudiado (Catling y Greenwood, 1988; Catling y Salazar, 1990) y no había sido observado previamente en el Pedregal.

Polinización

La polinización de *Dichromanthus aurantiacus* (Fig. 8) y *D. cinnabarinus* la llevan a cabo los colibríes *Amazilia beryllina* e *Hylocharis leucotis* (Sarmiento y Romero, 2000; Hágsater *et al.*, 2005). En ambas especies una alta proporción de las flores produce frutos, lo que parece indicar una gran eficiencia de los colibríes como polinizadores (Sarmiento y Romero, 2000). Aunque parece existir una cierta separación temporal en la floración de estas especies en el Pedregal, pues *D. aurantiacus* generalmente florece antes que *D. cinnabarinus* (Hágsater *et al.*, 2005), realmente existe un solapamiento parcial en su floración y no es claro cómo se mantiene el aislamiento reproductivo entre



Fig. 7. *Dichromanthus cinnabarinus*. Fotógrafo: Gerardo A. Salazar.

ellas, puesto que utilizan los mismos polinizadores y el mecanismo de polinización es muy similar. Hágsater *et al.* (2005) señalaron la existencia de hibridación ocasional, pero hasta donde sabemos en el Pedregal no han sido encontrados individuos con características intermedias que sugieran la ocurrencia de hibridación entre éstas dos especies.

Sarmiento y Romero (2000) observaron la polinización de *Aulosepalum pyramidale* por abejas "corta-hojas" del género *Megachile*. La abeja accede al néctar situado en la base del tubo floral empujando hacia atrás la "capucha" formada por los pétalos y el sépalo dorsal sobre la columna y el labelo.

No se ha observado la polinización de las especies de *Deiregyne* y *Schiedeella*, pero todas ellas producen néctar en el fondo del tubo floral y la forma y coloración



Fig. 8. *Dichromanthus aurantiacus*. Fotografía: Gerardo A. Salazar.

de las flores sugieren que podrían ser polinizadas por abejorros (*Bombus* spp.), igual que algunas especies similares en otras áreas, como *Schiedeella durangensis* (Luer, 1975). Por su parte, las diminutas flores de *Mesadenus lucayanus* son tubulares en la base y emiten un perfume nocturno que recuerda los cítricos. Es probable que esta especie sea polinizada por pequeños lepidópteros. Salazar (2003a) sugirió que la polinización en *Mesadenus* podría ser efectuada por pequeños himenópteros o dípteros, pero la fragancia nocturna de esta especie en particular no había sido notada. Como todas las especies de la subtribu Spiranthinae presentes en el Pedregal, *M. polyanthus* ofrece néctar como recompensa a sus polinizadores.



Fig. 9. *Ponthieva schaffneri*. Fotografía: Gerardo A. Salazar.

Ponthieva schaffneri (Fig. 9) produce un poco de fluido en la base del labelo pero no se sabe con certeza si dicho fluido es néctar (como en las Spiranthinae) o si se trata en realidad de aceite, como ha sido reportado para *Ponthieva racemosa* por Dressler (1993), quien hipotetizó que esta última especie podría ser polinizada por abejas *Anthophoridae* que recolectan aceites. No existe información sobre la polinización natural de ninguna especie de la subtribu Cranichidinae (Salazar *et al.*, 2009).

Todas las especies de *Habenaria* que habitan en el Pedregal tienen flores blancas, verdosas o amarillentas, como *H. novemfida* (Fig.10) y un nectario espolonado en cuyo fondo hay néctar. Muy probablemente todas ellas son polinizadas por lepidópteros, como ha sido señalado para otras especies del género (van der Pijl y Dodson, 1966).

Dressler (1968) notó que la autopolinización es frecuente en *Bletia campanulata* (Fig. 11), *B. macristmochila* y *B. urbana* (Fig. 12) y se sabe que muchas poblaciones



Fig. 10. *Habenaria novemfida*. Fotógrafo: Gerardo A. Salazar.



Fig. 11. *Bletia campanulata*. Fotógrafo: Gerardo A. Salazar.

de *Bletia purpurata* son autopolinizadas, aunque no se ha corroborado si esto sucede en el Pedregal. En la Reserva han sido observadas plantas de *Bletia urbana* en las que todas las flores se autopolinizan floreciendo al lado de otras que no se autopolinizan (G. A. Salazar, obs. pers.). Las flores de plantas que no se autopolinizan abren ampliamente al menos durante las horas de sol intenso, presentan un rostelo bien desarrollado (la porción no receptiva del lóbulo medio del estigma que forma una barrera entre el polen y la parte receptiva del estigma), la superficie inferior del rostelo porta un viscario (un área que produce una sustancia pegajosa que adhiere el polinario a los polinizadores) y el polinario puede extraerse fácilmente (Fig. 13A). En contraste, en las plantas que se autopolinizan las flores aparentemente nunca abren completamente y la autopolinización



Fig. 12. *Bletia urbana*. Fotógrafo: Gerardo A. Salazar.



Fig. 13. Ápices de columnas de *Bletia urbana* en antesis. A. Columna de la forma no autopolinizada mostrando los polinios contenidos dentro de la antera y separados de la cavidad estigmática por el rostelo. B. Columna de la forma autopolinizada mostrando los polinios ubicados en la cavidad estigmática por la ausencia del rostelo, con los polinios posteriores germinando en el fluido estigmático. Fotógrafo: Gerardo A. Salazar.

ocurre debido a la ausencia de rostelo, por lo que en la antesis los cuatro polinios más internos (de los ocho que conforman el polinario de esta especie) están adheridos a la parte receptiva del estigma, hinchados y de un color más pálido que lo normal debido a su hidratación por contacto con el fluido estigmático y la germinación de los granos de polen (Fig. 13B).

Las especies de *Bletia* que no se autopolinizan y *Govenia lagenophora* probablemente son polinizadas por engaño por algún tipo de abeja, pues no se ha detectado néctar u otra recompensa obvia en las flores (G. A. Salazar, obs. pers.).

En un sitio del Pedregal en el que *Bletia macristhmochila* y *B. urbana* coexisten, recientemente fueron observadas algunas plantas con características florales intermedias, lo que sugiere que al menos ocasionalmente estas dos especies son capaces de formar híbridos (M. Ávila Serratos, com. pers. 2008; Fig. 14).



Fig. 14. Probable híbrido natural entre *Bletia macristhmochila* y *B. urbana*. Fotógrafo: Mauricio Ávila Serratos

Como ya se mencionó, *Triphora trianthophora* tiene floración sincrónica. Su polinización no ha sido observada en el Pedregal, pero existen reportes de polinización por halictidos (*Auglochloa pura*) y otras abejas en el noroeste de los Estados Unidos de América (Rothacker, 2005).

Depredación de óvulos por avispas Chalcidoideae

Varios estudios han evaluado el efecto de la herbivoría en la adecuación de algunas plantas del Pedregal (e.g. Núñez-Farfán *et al.*, 1993). Sin embargo, no existe información sobre éste u otros tipos de interacción trófica entre insectos y orquídeas. Una interacción de gran interés biológico es la depredación de óvulos en los ovarios de orquídeas por pequeñas avispas de la superfamilia Chalcidoideae y otros insectos (Catling y Greenwood, 1988; Catling y Salazar, 1990). En el curso de nuestros estudios de campo en el Pedregal, con frecuencia hemos notado en las inflorescencias de varias especies de orquídeas la presencia de ovarios

florales engrosados de manera anormal, frecuentemente algo deformados y en una etapa demasiado temprana para representar frutos en desarrollo (i.e. antes de que se observen flores en antesis; Fig. 15A,B). Al disectar dichos ovarios, en repetidas ocasiones ha sido posible constatar que el engrosamiento no se debe a la formación de semillas sino que representa un crecimiento anormal causado por la presencia de pequeñas orugas de avispas (Fig. 15C), de manera análoga a las “agallas” causadas en los encinos por avispas de la familia Cynipidae. En otras ocasiones, los ovarios engrosados estaban vacíos y presentaban una o más perforaciones que son la vía de salida de los insectos adultos (Fig. 15D,E).

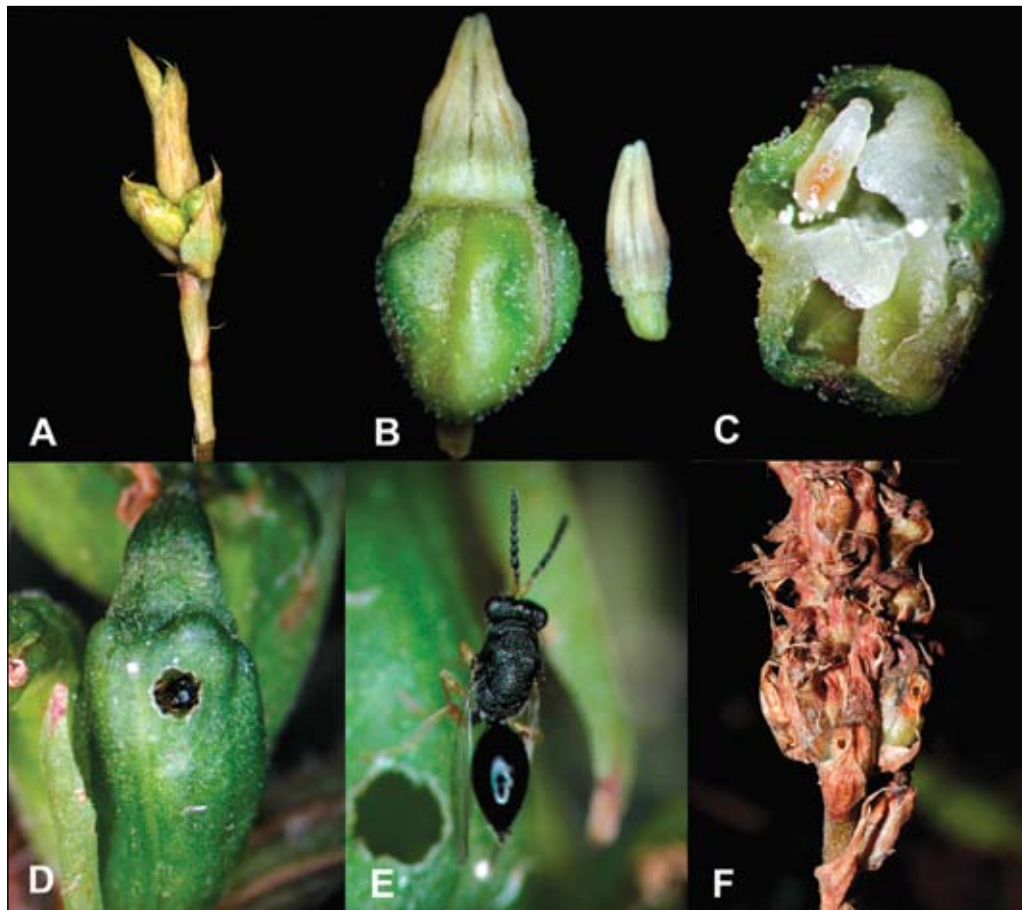


Fig. 15. Depredación de óvulos por avispas Chalcidoideae en *Aulosepalum pyramidale*. A. Inflorescencia en desarrollo con los ovarios de algunos botones inferiores anormalmente engrosados debido a la presencia de orugas de avispas Eurytomidae. B. Comparación de un botón floral normal (derecha) y otro infestado por avispas (izquierda); ambos botones estaban adyacentes en la misma inflorescencia y representan aproximadamente el mismo grado de desarrollo. C. Corte transversal de un ovario infestado, mostrando tres crestas blanquecinas de tejido placentario y una oruga de avispa Eurytomidae (izquierda, arriba). D. Imago de avispa Eurytomidae perforando la pared del ovario para emerger. E. Avispa adulta recién emergida. F. Inflorescencia de *A. pyramidale* severamente infestada, con todos los ovarios destruidos por las avispas. Fotógrafo: Gerardo A. Salazar.

En el Pedregal hemos observado larvas de avispas de la subfamilia Eurytominae, aparentemente del género *Tenuipetiolus* (Chalcidoidea, Eurytomidae) en ovarios de *Aulosepalum pyramidale*, *Mesadenus polyanthus* y *Sarcoglottis schaffneri* (Fig. 16). Aunque no se ha hecho un estudio cuantitativo formal de la incidencia de la infestación, en marzo de 2004 se observó que todas las inflorescencias de una colonia de *A. pyramidale* (ca. 20 plantas) y otra de *M. polyanthus* (ca. 12 plantas) localizadas en el camellón frente a los institutos de Biología y Ecología, en Ciudad Universitaria (Zona de Amortiguamiento A8 Biológicas, REPSA), tenían al menos un ovario parasitado. En algunas inflorescencias el 100% de los ovarios tenían avispas (Fig. 15F). Debido a que las orugas al parecer consumen todo el tejido placentario, las plantas cuya inflorescencia estaba completamente infestada no produjeron semillas durante esa temporada (G. A. Salazar, obs. pers.), pero no ha sido evaluado el efecto de este tipo de "herbivoría" en el vigor y desempeño reproductivo subsecuente de las plantas afectadas.

Tanto la frecuencia de inflorescencias infestadas como la proporción de ovarios parasitados parecen ser mucho mayores en ambientes marginales o muy perturbados (camellones y bordes de la vegetación) que en plantas situadas dentro del matorral conservado en la Reserva. También hemos notado una alta incidencia de in-



Fig. 16. *Sarcoglottis schaffneri*. Fotógrafo: Gerardo A. Salazar.

festación en plantas de *A. pyramidale*, *M. polyanthus* y *S. schaffneri* que han sido rescatadas de partes de la Reserva que iban a ser afectadas por la construcción de circuitos u otras obras universitarias y que fueron replantadas en altas densidades en el Jardín Botánico de la Universidad (G. A. Salazar, obs. pers.).

Llama la atención el hecho de que no todas las especies de orquídeas presentes en el Pedregal parecen ser igualmente susceptibles al ataque de estos insectos. Por ejemplo, las plantas de *Deiregyne albovaginata* (Fig.17) que han sido examinadas no presentaron ni un solo ovario con avispas a pesar de encontrarse a unos cuantos metros de inflorescencias de *A. pyramidale* y *S. schaffneri* severamente infestadas. Un factor que podría estar determinando la diferencia son las brácteas papiráceas



Fig. 17. *Deiregyne albovaginata*. Fotógrafo: Gerardo A. Salazar.

que cubren el escapo y los ovarios de *D. albovaginata*. Dichas brácteas están secas desde que la inflorescencia está desarrollándose y los botones florales se están diferenciando, siendo probable que representen una barrera física para la oviposición de las avispas. En contraste, las brácteas florales de *Aulosepalum*, *Mesadenus* y *Sarcoglottis* no se secan sino hasta la antesis. Catling y Salazar (1990) especularon que características como los ovarios equinados (cubiertos de prominencias similares a espinas) que presentan algunas especies de orquídeas (no en el Pedregal), así como las brácteas que envuelven los ovarios y un rápido desarrollo de la inflorescencia, podrían haber evolucionado en respuesta a la depredación por avispas chalcidoides. De modo similar, la distribución "hiperdispersa" que es característica de muchas poblaciones de orquídeas podría ser una estrategia para escapar a los depredadores. Todas esas suposiciones requieren ser evaluadas mediante estudios detallados de la interacción entre avispas y orquídeas. Dado su fácil acceso, la Reserva Ecológica del Pedregal constituye un laboratorio natural ideal para realizar estudios sobre éste y muchos otros aspectos biológicos de las orquídeas y su biota asociada.

Consideraciones biogeográficas

Las especies que conforman la orquideoflora del Pedregal de San Ángel son en su mayor parte taxones de amplia distribución en las sierras de México y el norte de Centroamérica, pudiendo considerárseles como elementos "típicos" de muchas áreas montañosas estacionalmente secas donde la vegetación natural consiste predominantemente de bosques de encino y de pino-encino o matorrales xerófilos moderadamente áridos (Hágsater *et al.*, 2005; cf. Salazar *et al.*, 2006). Por ejemplo, *Aulosepalum pyamidale*, *Dichromanthus aurantiacus*, *D. cinnabarinus*, *Ponthieva schaffneri* y *Sarcoglottis schaffneri* se cuentan entre las orquídeas más ampliamente distribuidas del país, encontrándose desde el norte de México (*D. cinnabarinus* desde el sur de Texas, EEUU) a través de las principales cordilleras hasta Guatemala o El Salvador. *Malaxis rodriguezana* y *Deiregyne confusa* también presentan distribuciones amplias y similares entre sí, encontrándose desde el Desierto Chihuahuense en el norte (Coahuila y Texas, respectivamente) hasta los estados de Jalisco, Nayarit, Puebla y Oaxaca (además del Distrito Federal; González, 1994; Salazar y Cabrera, 2001; Brown, 2003; Hágsater *et al.*, 2005; Salazar *et al.*, 2006; Peinado y Riojas, 2008).

Cyrtopodium macrobulbon es otra especie de amplia distribución geográfica (de Sonora y Nuevo León a Panamá) y con una considerable tolerancia ecológica, pues aunque es más común en selvas bajas caducifolias en ambas vertientes oceánicas del país, se le ha encontrado creciendo también en pedregales cársticos y basálticos dentro de la selva húmeda tropical, así como en bosque espinoso, matorral xerófilo y bosque de encino (Hágsater *et al.*, 2005; Salazar *et al.*, 2006). Sólo se le ha encontrado una vez en el Pedregal (Soto, 1983).

No se conoce ninguna especie de orquídea que sea endémica del Pedregal de San Ángel, lo cual es de esperarse dada la reciente formación del Pedregal y de las asociaciones vegetales que lo cubren, así como el carácter "ubicuo" de la mayoría de las especies de orquídeas que lo habitan. *Bletia urbana*, que fue descubierta y descrita como especie nueva para la ciencia hace cuatro décadas y cuya localidad tipo es el Pedregal de San Ángel (Dressler, 1968), ha sido considerada por mucho tiempo como una especie endémica del Pedregal (Valencia, 1977; Soto, 1983; Téllez-Velasco, 2002). Sin embargo, las exploraciones recientes han mostrado que esta especie es abundante en varias localidades de la Mixteca oaxaqueña (cf. Soto y Salazar, 2004, G. A. Salazar, obs. pers.) y es muy probable que a medida que se hagan más estudios se descubran poblaciones en áreas intermedias entre las montañas de Oaxaca y la Cuenca de México.

Estado de conservación

Dada la amplia distribución geográfica de las especies y la existencia de considerables extensiones de hábitat apropiado en el país, ninguna de las orquídeas que están presentes en el Pedregal parece encontrarse en riesgo de extinguirse en el futuro inmediato. *Bletia urbana* está listada en la noma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 (SEMARNAT, 2002) en la categoría de "Amenazada" y algunos autores la han considerado incluso como una especie en peligro de extinción (e.g. Rubluo *et al.*, 1989; Ortega-Larrocea *et al.*, 2005), pero su abundancia local y su distribución relativamente amplia apoyan la evaluación más objetiva de Soto (1996), quién concluyó que no existe fundamento para considerar a *B. urbana* como una especie en riesgo. Sin embargo, la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel alberga las únicas poblaciones conocidas en la Cuenca de México de ésta y otras especies de orquídeas, como

Govenia lagenophora, *Malaxis rodriguezana* y *Triphora trianthophora* y por lo tanto es muy importante para mantener la diversidad de orquídeas de la región.

Varias especies que fueron registradas del Pedregal hace décadas no han sido vueltas a encontrar recientemente. Estas incluyen *Cyrtopodium macrobulbon*, *Epidendrum anisatum*, *Habenaria strictissima*, *Liparis greenwoodiana* y *Microthelys minutiflora*. En el caso de *Cyrtopodium macrobulbon*, una especie que ordinariamente se encuentra en hábitats más cálidos y a menor altitud, la única planta que ha sido vista en el Pedregal tenía una talla reducida para el tamaño adulto normal de esa especie y no mostraba signos de haber florecido (Soto, 1983; G. A. Salazar, obs. pers.), siendo probable, como lo sugirieron Hågsater *et al.* (2005), que representara un intento de colonización que no prosperó.

Sorprendentemente, y pese a la drástica reducción del hábitat por el crecimiento urbano, los cambios mesoclimáticos acompañantes y la extracción de plantas de orquídeas de la Reserva por algunos visitantes, no existe evidencia de que otras especies de orquídeas hayan desaparecido localmente. De hecho, varias especies que no habían sido vistas en el área durante décadas, como *Habenaria clypeata* y *Schiedeella crenulata*, han sido registradas en trabajos recientes. También hay que considerar que, al examinar la lista de las especies (Tabla 1) y compararla con listados previos, un lector poco familiarizado con la taxonomía de las orquídeas podría tener la falsa impresión de que una especie registrada previamente ya no está, siendo que en realidad está presente pero ahora se le conoce por otro nombre debido a cambios en la clasificación o a la corrección de una identificación errónea.

Existen indicios de la llegada de especies de orquídeas que antes no se conocían del Pedregal. Este es el caso de *Deiregyne albovaginata* (Fig. 17). Las inflorescencias de esta especie pueden alcanzar 1.5 m de alto y producen numerosas flores de color verde y amarillo que contrastan con las brácteas blancas. A partir de abril de 2004, cuando fue observada por primera vez en el Pedregal, se han encontrado al menos cuatro grupos de varios individuos de esta especie, tres de ellos en camellones de los circuitos universitarios y la otro en la zona núcleo de la Reserva. Es improbable que una planta tan conspicua haya escapado a la atención

de los colectores botánicos, estudiantes y aficionados a las orquídeas que han visitado el Pedregal durante décadas, siendo más razonable suponer que esta especie, previamente conocida de Jalisco, Morelos y el Estado de México, representa un inmigrante reciente en la Cuenca de México (Hågsater *et al.*, 2005).

Varias especies de orquídeas presentes en la Reserva toleran altos niveles de disturbio. Por ejemplo, *Sarcoglottis schaffneri* y *Schiedeella llaveana* en ocasiones se encuentran creciendo en prados o en bordes de veredas en la Reserva invadidos por especies adventicias de gramíneas. Esas dos especies, así como *Aulosepalum pyramidale*, *Dichromanthus cinnabarinus* y *Mesadenus polyanthus*, son frecuentes en las "islas" de basalto en los camellones de los circuitos universitarios que no han sido rellenados y cubiertos de pasto. *Dichromanthus cinnabarinus* incluso llega a establecerse en azoteas de construcciones. Aunque no todas las especies de orquídeas nativas son tan resilientes, los ejemplos anteriores dan constancia de la gran capacidad de adaptación y tolerancia al disturbio antropogénico de algunas de ellas.

La desaparición de las poblaciones locales de las especies de orquídeas que habitan en la Reserva del Pedregal casi con certeza no representaría la extinción de las especies. Sin embargo, la conservación de la orquideoflora del Pedregal de San Ángel tiene un gran valor simbólico, pues la preservación de la diversidad de un grupo de plantas tan carismático y de gran importancia biológica y cultural (e.g. García-Peña y Peña, 1981; Hågsater *et al.*, 2005) dentro del *campus* de la principal institución educativa y de investigación científica de México debería ser un ejemplo exitoso a ser emulado por los esfuerzos enfocados a la conservación de la biodiversidad en otras partes del país. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel alberga varias comunidades naturales muy diversas y sólo parcialmente estudiadas (e.g. Rojo, 1994; Castillo *et al.*, 2007; Lot *et al.*, 2007) dentro de una de las áreas urbanas más grandes y densamente pobladas del planeta. Aunque esta última circunstancia implica fuertes presiones y problemas para su sobrevivencia a largo plazo, también ofrece oportunidades inmejorables para la investigación, la educación y la divulgación sobre la diversidad biológica en un país que, entre muchos otros problemas, enfrenta una grave crisis ambiental.

Agradecimientos

El autor desea agradecer a Pilar Ortega-Larrocea, Mónica Rangel, Rolando Jiménez, Mauricio Ávila Serratos y Aída Téllez-Velasco por información sobre algunas especies del Pedregal, Mauricio Ávila Serratos por la autorización para reproducir aquí su fotografía del híbrido putativo entre *Bletia macrithmochila* y *B. urbana*, Beatriz Ramírez Velez por la identificación de las avispas encontradas en los ovarios de orquídeas del Pedregal, Coyolxauhqui Figueroa por su ayuda durante algunas de las observaciones de campo y Lidia I. Cabrera, Antonio Lot y Zenón Cano por sus sugerencias al manuscrito.

Literatura citada

- BROWN, P. M. 2003. The wild orchids of North America North of Mexico. University Press of Florida, Gainesville, Florida.
- CASTILLO, S., Y. MARTÍNEZ, M. A. ROMERO, P. GUADARRAMA, O. NÚÑEZ, I. SÁNCHEZ Y J. A. MEAVE. 2007. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: aspectos florísticos y ecológicos. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- CATLING, P. M. Y E. W. GREENWOOD. 1988. Avispas y moscas encontradas en cápsulas de orquídeas. *Orquídea (Mexico City)*, n.s. **11**: 277-279.
- CATLING, P. M. Y G. A. SALAZAR. 1990. Chalcid wasps in ovaries of *Encyclia michuacana*. *Orchid Research Newsletter* **15**: 10-11.
- CHASE, M. W., J. V. FREUDENSTEIN, K. M. CAMERON Y R. L. BARRETT. 2003. DNA data and Orchidaceae systematics: a new phylogenetic classification. Pp. 69-89 en: Dixon, K. W., S. P. Kell, R. L. Barrett y P. J. Cribb (eds.). *Orchid conservation*. Natural History Publications, Kota Kinabalu, Sabah.
- DARWIN, C. 1877. The various contrivances by which orchids are fertilized by insects. The University of Chicago Press, Chicago (reimpresión 1984).
- DRESSLER, R. L. 1968. Notes on *Bletia* (Orchidaceae). *Brittonia* **20**: 182-190.
- DRESSLER, R. L. 1993. Phylogeny and classification of the orchid family. Dioscorides Press, Portland, Oregon.
- DRESSLER, R. L. 2005. How many orchid species? *Selbyana* **26**: 155-158.
- ESAU, K. 1987. Anatomía de las plantas con semilla. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires.
- FIGUEROA, C., G. A. SALAZAR, A. ZAVALETA Y M. ENGLERMAN. 2008. Root character evolution and systematics in Cranichidinae, Prescottiinae and Spiranthinae (Orchidaceae, Cranichideae). *Annals of Botany* **101**: 509-520.
- GARCÍA-PEÑA, M. DEL R. 1986. *Triphora trianthophora* (Sw.) Rydb. en el Pedregal de San Ángel. *Orquídea (Mexico City)*, n.s. **10**: 43-46.
- GARCÍA-PEÑA, M. DEL R. Y M. PEÑA. 1981. Uso de las orquídeas en México desde la época prehispánica hasta nuestros días. *Orquídea (Mexico City)*, n.s. **8**: 59-86.
- GONZÁLEZ, R. 1994. *Malaxis rodriguezana* (Orchidaceae), una nueva especie del occidente de México. *Boletín del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara* **2**: 97-101.
- HÁGSATER, E. M. A. SOTO, G. A. SALAZAR, R. JIMÉNEZ, M. A. LÓPEZ Y R. L. DRESSLER. 2005. Las orquídeas de México. Instituto Chinoi, A.C., México, D.F.
- LOT, A. 2007 (coord.). Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico. Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- LUER, C. A. 1975. The native orchids of the United States and Canada excluding Florida. The New York Botanical Garden, Ipswich, Massachusetts.
- MCVAUGH, R. 1985. Orchidaceae. Pp. 1-363, en: Anderson, W. R. (ed.). *Flora Novo-Galiciana: a descriptive account of the vascular plants of Western Mexico*, vol. 16. The University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan.
- NÚÑEZ-FARFÁN, J., R. A. CABRALES-VARGAS Y J. GONZÁLEZ-ASTORGA. 1993. Estudios de ecología evolutiva en plantas herbáceas del Pedregal de San Ángel. Pp. 159-175, en: Rojo, A. (Comp.). *Reserva Ecológica El Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- ORTEGA-LARROCEA, M. DEL P., E. ZANDOVAL-ZAPOTILTA, C. GUZMÁN Y V. M. CHÁVEZ-ÁVILA. 2005. His-

- tological development of symbiotic *Bletia urbana*: an endangered terrestrial orchid from Mexico [resumen]. *Selbyana* **26**: 309.
- PEINADO, M. Y M. RIOJAS. 2008. Primer registro de *Deiryngyne confusa* Garay (Spiranthinae: Orchidaceae) para Jalisco, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **82**: 67-68.
- PEÑA, M. 2001. Orchidaceae. Pp. 1266-1297, en: Calderón, G. y J. Rzedowski (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México, 2ª. ed. Instituto de Ecología, A.C.-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán.
- RASMUSSEN, H. N. 1995. Terrestrial orchids: from seed to mycotrophic plant. Cambridge University Press, Cambridge.
- REICHE, C. 1926. Flora excursoria del valle central de México. Talleres Gráficos de la Nación, México, D.F.
- ROJO, A. (Comp.). Reserva Ecológica El Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- ROJO, A. Y J. RODRÍGUEZ. 2002. La flora del Pedregal de San Ángel. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F.
- ROTHACKER, E. P. 2005. Tribe Triphoreae. Pp. 605-616 en: Pridgeon, A. M., P. J. Cribb, M. W. Chase y F. N. Rasmussen (eds.). Genera Orchidacearum vol. 4: Epidendroideae part 1. Oxford University Press, Oxford.
- RUBLUO, A., V. M. CHÁVEZ Y A. MARTÍNEZ. 1989. In vitro seed germination and re-introduction of *Bletia urbana* (Orchidaceae) in its natural habitat. *Lindleyana* **4**: 68-73.
- RZEDOWSKI, J. 1954. Vegetación del pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* **8**: 59-129.
- RZEDOWSKI, J. Y G. CALDERÓN. 1989. Sinopsis numérica de la flora fanerogámica del Valle de México. *Acta Botánica Mexicana* **8**: 15-30.
- SALAZAR, G. A. 2003a. Subtribu Spiranthinae. Pp 164-278 en: Pridgeon, A. M., P. J. Cribb, M. W. Chase y F. N. Rasmussen (eds.). Genera Orchidacearum vol. 3: Orchidoideae part 2, Vanilloideae. Oxford University Press, Oxford.
- SALAZAR, G. A. 2003b. Phylogeny and classification of subtribu Spiranthinae (Orchidaceae, Orchidoideae). Tesis doctoral. University of London, Londres.
- SALAZAR, G. A. Y L. I. CABRERA. 2001. A new species of *Malaxis* (Orchidaceae) from Mexico. *Lindleyana* **16**: 48-52.
- SALAZAR, G. A., M. W. CHASE, M. A. SOTO Y M. INGROUILLE. 2003. Phylogenetics of Cranichideae with emphasis on Spiranthinae (Orchidaceae, Orchidoideae): evidence from plastid and nuclear DNA sequences. *American Journal of Botany* **90**: 777-795.
- SALAZAR, G. A., J. REYES, C. BRACHET Y J. PÉREZ. 2006. Orquídeas y otras plantas nativas de la Cañada, Cuicatlán, Oaxaca, México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- SALAZAR, G. A., L. I. CABRERA, S. MADRIÑÁN Y M. W. CHASE. 2009. Phylogenetic relationships of Cranichidinae and Prescottiinae (Orchidaceae, Cranichideae) inferred from plastid and nuclear DNA sequences. *Annals of Botany*. doi: 10.1093/aob/mcn257 (publicación electrónica anticipada).
- SÁNCHEZ, O. 1969. La Flora del Valle de México. Editorial Herrero, S.A., México, D.F.
- SARMIENTO, M. Y C. ROMERO. 2000. Orquídeas mexicanas. Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos-Miguel Ángel Porrúa, México, D.F.
- SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 582(4): 1-80 (2ª. sección, 6 marzo).
- SOSA, V. 1994. A revision of the *Bletia reflexa* complex. *Lindleyana* **9**: 7-17.
- SOTO, M. A. 1983. El Pedregal de San Ángel: un refugio natural de orquídeas. Nuestro Papel en la Naturaleza. *Ocelote* **1**: 9-11.
- SOTO, M. A. 1996. Mexico [tratamiento regional]. Pp. 53-58 en: IUCN/SSC Orchid Specialist Group. Orchids – status survey and conservation action plan. IUCN, Gland y Cambridge.
- SOTO, M. A. Y G. A. SALAZAR. 2004. Orquídeas. Pp. 271-295. En: García-Mendoza, A., M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, México World Wildlife Fund; México, D.F.
- SOTO, M.A., E. HÁGSATER, R. JIMÉNEZ, G.A. SALAZAR, R. SOLANO, R. FLORES E I. CONTRERAS. 2007. Las orquídeas de México: catálogo digital. Instituto Chinoin, A.C., México, D.F.

- TÉLLEZ-VELASCO, A. 2002. The Pedregal de San Ángel and its orchids. *The Orchid Review* **110**: 25-29.
- TÉLLEZ-VELASCO, A., L. FLORES Y E. ESPARZA. 2007. Orquídeas terrestres del Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- VALENCIA, A. 1977. Notas acerca de las orquídeas del Pedregal de San Ángel, México, D.F. *Orquídea (Mexico City)*, n.s. **6**: 211-222.
- VALIENTE-BANUET, A. Y E. DE LUNA. 1990. Una lista florística actualizada para la reserva del Pedregal de San Ángel, México D.F. *Acta Botánica Mexicana* **9**: 13-30.
- VAN DER PIJL, L. Y C. H. DODSON. 1966. Orchid flowers: their pollination and evolution. University of Miami Press, Coral Gables, Florida.
- VILLASEÑOR, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* **28**: 160-167.
- WILLIAMS, L. O. 1951. The Orchidaceae of Mexico. *Ceiba* **2**: 1-321.
- ZETTLER, L. W., J. SHARMA Y F. N. RASMUSSEN. 2003. Mycorrhizal diversity. Pp. 205-226. En: Dixon, K. W., S. P. Kell, R. L. Barrett y P. J. Cribb (eds.). Orchid conservation. Natural History Publications, Kota Kinabalu, Sabah.

Artropodofauna

Ana María Rueda-Salazar y Zenón Cano-Santana

Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de México
aylprieto2000@aol.com

Introducción

A pesar de la importancia que tiene la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (en lo sucesivo REPSA o Reserva del Pedregal) y de su cercanía con biólogos de la Universidad Nacional Autónoma de México, su inventario biótico aún no está completo, sobre todo el que se refiere a su artropodofauna. Esfuerzos para abordar el estudio de su biota se centran en los inventarios florísticos de Valiente-Banuet y de Luna (1990) y de Castillo-Argüero *et al.* (2004, 2007), el de hongos (Sandoval-González, 2006), el de su herpetofauna (Sánchez-Herrera, 1980), el de aves (Arizmendi *et al.*, 1994) y el de mamíferos (Negrete y Soberón, 1994). Sin embargo, un grupo muy difícil de abordar por la complejidad de su taxonomía y alta riqueza específica es el de los artrópodos.

Un esfuerzo en este sentido ha sido el que abordó Palacios-Vargas (1981) para analizar sus colémbolos, estudio que fue adoptado por Álvarez-Sánchez *et al.* (1982) para elaborar el importante documento *Proyecto para la Creación de una Reserva en el Pedregal de San Ángel*. Otros estudios de campo muy importantes incluyen la serie de artículos de Márquez-Mayaudón (1968) sobre los ortópteros, la tesis profesional de Ibarra-Núñez (1979) que aborda el análisis de las arañas Labidognatha, la de Zaragoza (1963) sobre los escarabajos crisomélidos del Pedregal, el estudio de Beutelspacher (1972) sobre las palomillas de la familia Sphingidae, la tesis de Hinojosa-Díaz (1996) sobre las abejas, así como los estudios de Katthain-Duchateau (1971) y Domínguez y Núñez-Farfán (1994) sobre las mariposas diurnas.

Desafortunadamente, no se había hecho el esfuerzo de conjuntar la información disponible (libros, artículos y tesis) sobre la riqueza de especies de artrópodos de la REPSA.

El presente trabajo busca dar a conocer una lista de la artropodofauna de la REPSA, con base en un análisis de la literatura existente desde 1936 a la fecha.

Materiales y métodos

La revisión se realizó haciendo una búsqueda de tesis de la UNAM, así como en artículos y libros publicados. Para ello fue útil el uso de la base de datos elaborada por Coatlicue García Jiménez y la literatura depositada en la Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel recopilada por Ariel Rojo durante su gestión como encargado de la REPSA. Se revisó la información contenida en 29 tesis, 22 artículos y siete libros, todos ellos publicados entre 1936 y 2008.

Con la información recopilada se creó una base de datos electrónica, en la que se registraron los nombres de las especies encontradas junto con su respectivo género, familia, orden, clase, año de registro y autores. Se puso especial atención en depurar la información de los errores en nombres científicos y citas. Se evitó la duplicación de registros, tomando en cuenta las sinonimias y los nombres se modificaron de acuerdo con denominaciones actualizadas. Las especies de artrópodos se incluían en la base de datos

sólo si estaban identificadas al menos a género. Si una especie era identificada únicamente a género dentro del cual se registraban más especies, ésta se tomaba en cuenta sólo si existía seguridad de que no se tratara de la misma, para evitar duplicidades en los registros. Se eliminaron de la lista las especies no identificadas de los géneros *Colletes*, *Hyleus*, *Dialictus* y *Ceratina* (Hymenoptera) reconocidas por Hinojosa-Díaz (1996), debido a las dudas que hay sobre su identificación (ver capítulo de Domínguez-Álvarez *et al.*, en este volumen).

Una vez establecida la base de datos con estos registros, se realizaron diferentes estadísticas que nos permiten conocer los grupos más estudiados, así como tener una estimación de aquellos que probablemente no han sido suficientemente investigados.

Resultados

Se registraron 817 especies de artrópodos, entre los cuales se reconocieron 735 Insecta (90%), 50 Arachnida (6.1%), 20 Acarida, un Chilopoda, un Diplopoda y 10 Crustacea. Todas ellas pertenecen a 29 órdenes de artrópodos, de los cuales 16 son de insectos, tres de arañas, cinco de ácaros y cinco de crustáceos (Tabla 1). Los órdenes que registraron más especies fueron Lepidoptera (309, 37.8%), Hymenoptera (74, 9.1%), Homoptera (61, 7.5%), Diptera (60, 7.3%) y Coleoptera (58, 7.1%).

Entre los lepidópteros, se tienen registradas especies de 17 familias, de las cuales las que registran el mayor número de especies conocidas son Noctuidae (con 127 especies), Sphingidae (con 41), Hesperidae (36), Nymphalidae (28) y Geometridae (25), que aportan 41.0, 13.3, 11.7, 9.1 y 8.1% de las especies conocidas de Lepidoptera en la REPSA, respectivamente (Tabla 2). Por otro lado, se encontraron 11 familias de Hymenoptera (Tabla 3), de las cuales las que registraron más especies fueron Apidae y Halictidae, con 23 y 19 especies, respectivamente.

Se han registrado cuatro familias de Homoptera: Cicadellidae registró 39 especies, Aphididae 11, Membracidae 7 y Coccidae 4. Los dípteros se registraron en 13 familias y las que tienen mayor número de especies con Syrphidae (con 37 especies), Bombyliidae (7) y Tachinidae (5) (Tabla 4).

Tabla 1. Número de especies registradas en cada orden de artrópodos en la Reserva del Pedregal, según análisis de la literatura.

Orden	No. de especies	Porcentaje
Lepidoptera	309	37.8
Hymenoptera	74	9.1
Homoptera	61	7.5
Diptera	60	7.3
Coleoptera	58	7.1
Thysanoptera	49	6.0
Araneae	47	5.7
Collembola	40	4.9
Hemiptera	31	3.8
Orthoptera	28	3.4
Odonata	14	1.7
Astigmata	10	1.2
Siphonaptera	8	1.0
Diplostraca	6	0.7
Prostigmata	6	0.7
Actinedida	2	0.2
Scorpiones	2	0.2
Cryptostigmata	1	0.1
Mesostigmata	1	0.1
Mantodea	1	0.1
Scolopendrida	1	0.1
Julida	1	0.1
Neuroptera	1	0.1
Pseudoscorpionida	1	0.1
Cyclopoida	1	0.1
Isopoda	1	0.1
Decapoda	1	0.1
Amphipoda	1	0.1
Phasmida	1	0.1
Total	817	100.0

Tabla 2. Número de especies registradas en cada familia de lepidópteros en la Reserva del Pedregal, según análisis de la literatura.

Familia	No. de Especies	Porcentaje
Noctuidae	127	41.0
Sphingidae	41	13.3
Hesperiidae	36	11.7
Nymphalidae	28	9.1
Geometridae	25	8.1
Pieridae	18	5.8
Lycaenidae	8	2.6
Papilionidae	7	2.3
Satyridae	7	2.3
Riodinidae	3	1.0
Saturniidae	3	1.0
Danaidae	1	0.3
Libytheidae	1	0.3
Hepialidae	1	0.3
Bombycidae	1	0.3
Arctiidae	1	0.3
Agaristidae	1	0.3
Total	309	100.0

Tabla 3. Número de especies registradas en cada familia de himenópteros en la Reserva del Pedregal, según análisis de la literatura.

Familia	No. de especies	Porcentaje
Apidae	23	31.1
Halictidae	19	25.7
Andrenidae	9	12.2
Megachilidae	8	10.8
Formicidae	4	5.4
Colletidae	3	4.1
Sphecidae	2	2.7
Ampulicidae	2	2.7
Vespidae	2	2.7
Scoliidae	1	1.4
Trichogrammatidae	1	1.4
Total	74	100.0

Tabla 4. Número de especies registradas en cada familia de dípteros en la Reserva del Pedregal, según análisis de la literatura.

Familia	No. de especies	Porcentaje
Syrphidae	37	61.7
Bombyliidae	7	11.7
Tachinidae	5	8.3
Sarcophagidae	2	3.3
Calliphoridae	1	1.7
Tipulidae	1	1.7
Bibionidae	1	1.7
Culicidae	1	1.7
Dolichopodidae	1	1.7
Empididae	1	1.7
Sirphyidae	1	1.7
Tephritidae	1	1.7
Agromyzidae	1	1.7
Total	60	100.0

Se registraron 15 familias de Coleoptera, de las cuales la que registra el mayor número de especies es Chrysomelidae con 37 especies, lo que constituye el 63.8% del total de las especies de este orden. El resto de las 14 familias aportan únicamente entre una y tres especies conocidas (Tabla 5). Por otra parte, las 49 especies de Thysanoptera (Tabla 6) están repartidas en dos familias, Thripidae, que aporta 37 especies y Phlaeothripidae, que aporta 12.

Las 40 especies de colémbolos están repartidas en 11 familias. Las que aportan más especies conocidas son Entomobryidae con nueve especies, e Isotomidae e Hypogastruridae con ocho especies cada una (Tabla 7). En cuanto a los hemípteros (Tabla 8), se registraron 31 especies agrupadas en 10 familias, siendo Lygaeidae, Pentatomidae y Coreidae las que aportan más especies conocidas, con nueve, seis y seis especies, respectivamente.

Tabla 5. Número de especies registradas en cada familia de coleópteros en la Reserva del Pedregal, según análisis de la literatura.

Familia	No. de especies	Porcentaje
Chrysomelidae	37	63.8
Tenebrionidae	3	5.2
Coccinellidae	3	5.2
Melolonthidae	3	5.2
Lampyridae	2	3.4
Carabidae	1	1.7
Cerambycidae	1	1.7
Buprestidae	1	1.7
Cantharidae	1	1.7
Cryptophagidae	1	1.7
Curculionidae	1	1.7
Erotylidae	1	1.7
Histeridae	1	1.7
Scarabaeidae	1	1.7
Melyridae	1	1.7
Total	58	100.0

Las 28 especies de ortópteros, por su parte (Tabla 9), están distribuidas en seis familias: Acrididae (16 especies), Gryllidae (cuatro especies), Tettigonidae (tres especies), Raphidophoridae y Stenopelmatidae (dos especies cada una), y Pyrgomorphidae (una especie).

De las 50 especies de arácnidos, 47 pertenecen al orden Araneae, las cuales están agrupadas en 15 familias (Tabla 10). Las familias de este orden que tienen más especies son Araneidae, Salticidae, Thomisidae y Theridiidae, que tienen ocho, siete, seis y cinco especies, respectivamente.

Tabla 6. Número de especies registradas en cada familia de Tisanópteros en la Reserva del Pedregal, según análisis de la literatura.

Familia	No. de especies	Porcentaje
Thripidae	37	75.5
Phlaeothripidae	12	24.5
Total	49	100.0

Tabla 7. Número de especies registradas en cada familia de colémbolos en la Reserva del Pedregal, según análisis de la literatura.

Familia	No. de especies	Porcentaje
Entomobryidae	9	22.5
Hypogastruridae	8	20.0
Isotomidae	7	17.5
Sminthuridae	4	10.0
Arrhopalididae	3	7.5
Onychiuridae	3	7.5
Sminthurididae	2	5.0
Neanuridae	1	2.5
Dicyrtomidae	1	2.5
Brachystomellidae	1	2.5
Tomoceridae	1	2.5
Total	40	100.0

Discusión

Las 817 especies registradas en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel constituyen sólo una fracción de la artropodofauna total de la zona, ya que deben existir muchas especies aún no estudiadas ni reportadas. Lamentablemente, cabe la posibilidad de que algunas especies ya no existan, tal como lo discute Beutelspacher (1973) en su estudio de esfíngidos. De hecho, algunas especies no han vuelto a ser reportadas en estudios posteriores al primer registro, por lo que hay dudas sobre su existencia local actual.

Los datos recopilados sugieren que los órdenes con pocas especies registradas no han sido suficientemente estudiados. Por ejemplo, si tomamos como base la riqueza y proporción de especies conocidas de cada orden en el mundo, debería haber un número de especies un poco mayor de Diptera e Hymenoptera que de Lepidoptera. De igual manera, el número de especies de coleópteros debería ser mucho mayor. Soberón *et al.* (1991) hicieron una estimación del número de especies para cada grupo, basándose en las especies de lepidópteros descritas y estimadas para México (Tabla 11). A partir de una comparación de esas estimaciones con los registros que tenemos para la REPSA, se puede afirmar que los grupos mejor conocidos son Lepidoptera y Araneae. Sin embargo, se estima que deben existir más especies de este grupo, ya que no se han estudiado algunas familias de mariposas nocturnas, como Erebididae, Lymantriidae, Nolidae o Notodontidae. De la familia Arctiidae, por ejemplo, sólo se ha registrado una especie.

Llama la atención que muchos grupos de Arthropoda ni siquiera aparecen mencionados, como es el caso de Ephemeroptera, Psocoptera, Strepsiptera, Diplura y Protura, entre los insectos, así como los Ostracoda (Crustacea), Opiliones (Arachnida), Solifugae (Arachnida), Pauropoda y Symphyla. De ellos, se han observado ostrácodos, opiliones y solífugos (Z. Cano-Santana, obs. pers.). Afortunadamente, en este trabajo se han podido incorporar estudios muy recientes que contribuyen a ampliar el conocimiento de las especies en la REPSA. Tal es el caso de los estudios de González-Soriano y Barba (2007) sobre Odonata, que registra 14 especies, y el de Villalobos *et al.* (2007) sobre crustáceos de la Cantera Oriente, que registra 10 especies. Cabe señalar que para

Tabla 11. Comparación del número de especies estimadas por Soberón *et al.* (1991) para la Reserva del Pedregal, contra las registradas en este trabajo.

Grupo	Estimados por Soberón <i>et al.</i> (1991)	Registrados en este trabajo
Coleópteros	900	58
Lepidópteros	300	309
Himenópteros	300	74
Dípteros	240	60
Hemípteros	150	31
Ortópteros	45	28
Ácaros	30	20
Arácnidos	60	50

la misma Cantera Oriente, Mayorga y Torres (2007) registran la presencia de dermápteros, pero no los identifican a nivel de especie.

Si se compara la proporción entre insectos y arácnidos con una estimación mundial, podemos tener una idea de la cantidad de especies que podrían encontrarse en la Reserva del Pedregal. Por ejemplo, Chapman (2007) estima que en el mundo existen cuatro millones de especies de insectos y 166 mil especies de arácnidos, lo cual da una proporción de 24.1:1. Si se supone que los arácnidos de la Reserva del Pedregal han sido suficientemente estudiados y que las 50 especies registradas constituyen la totalidad de especies existentes, esta proporción, más bien conservadora, indicaría una estimación de 1,205 especies de insectos en la REPSA. Es decir, que sólo se conocería el 57% de la entomofauna (las 735 especies registradas en este trabajo) y que aún faltarían por registrar unas 470 especies, de las cuales, una buena proporción pueden ser coleópteros, dípteros e himenópteros (sobre todo avispa y hormigas).

En cuanto a los ácaros, también sabemos que en el mundo existen muchos más ácaros que arañas, pues hay más de 48,000 descritos y se calcula que debe haber entre 100,000 y 500,000 sin describir (Chapman, 2007;

O'Connor, 2006), ya que los podemos encontrar en prácticamente todos los tipos de hábitat. No obstante, en la búsqueda de información encontramos muy pocas referencias a ácaros de la Reserva del Pedregal. La mayor parte de los mencionados en este trabajo son los que se estudiaron recientemente asociados a aves y reptiles (Paredes-León *et al.*, 2007). Es decir, de los 20 registros de ácaros que aparecen en nuestra lista de especies, 14 pertenecen a este último estudio.

Si comparamos la estimación de 100,000 a 500,000 especies de ácaros (Chapman, 2007) en el mundo contra la estimación de 60,000 a 170,000 especies de arácnidos (Chapman, 2007), considerando las estimaciones máximas en cada grupo, se espera que por cada especie de arácnido haya 2.94 especies de ácaros. Si tenemos 50 especies de arácnidos registradas en la Reserva, habría 147 especies de ácaros, contra las 20 que tenemos registradas.

Por lo anterior se calcula que de las 817 especies conocidas faltan por descubrir unas 600 especies de artrópodos. Es muy importante continuar con estudios del análisis de la artropodofauna de la Reserva del Pedregal.

Por lo anterior se calcula que de las 817 especies conocidas faltan por descubrir unas 600 especies de artrópodos. Es muy importante continuar con estudios del análisis de la artropodofauna de la Reserva del Pedregal.

Apéndice 1. Listado de las especies de artrópodos del Pedregal de San Ángel. s/a: no se conoce el autor.

Clase Crustacea					
	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
Orden Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>	<i>azteca</i>		(Saussure)
Orden Cyclopoida	Eucyclopidae	<i>Macrocylops</i>	sp.		
Orden Decapoda	Cambaridae	<i>Cambarellus</i>	<i>montezumae</i>		(Saussure)
Orden Diplostraca	Chydoridae	<i>Chydorus</i>	<i>sphaericus</i>		(Muller)
		<i>Pleuroxus</i>	<i>aduncus</i>		(Jurine)
		<i>Pleuroxus</i>	<i>denticulatus</i>		Birge
	Daphniidae	<i>Scapholeberis</i>	sp.		
		<i>Simocephalus</i>	sp.		
	Moinidae	<i>Moina</i>	<i>micrura</i>		Kurtz
Orden Isopoda	Asellidae	<i>Caecidotea</i>	<i>communis</i>		(Say)
Clase Diplopoda					
Orden Julida	Julidae	<i>Julus</i>	sp.		
Clase Chilopoda					
Orden Scolopendrida	Scolopendridae	<i>Scolopendra</i>	sp.		
Clase Arachnida					
Orden Araneae	Agelenidae	<i>Agelenopsis</i>	sp.		
		<i>Cicurina</i>	sp.		
		<i>Rualena</i>	sp.		
		<i>Tegenaria</i>	sp.		
		<i>Anyphaena</i>	sp.		
	Araneidae	<i>Acanthepeira</i>	<i>stellata</i>		Walckenaer
		<i>Araneus</i>	<i>thaddeus</i>		Hentz

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Eustala</i>	<i>rosae</i>		Chamberlin & Ivie
		<i>Leucauge</i>	<i>aurostriata</i>		Pickard-cambridge
		<i>Mastophora</i>	<i>cornigera</i>		Hentz
		<i>Metepeira</i>	<i>spinieps</i>		Pickard-cambridge
		<i>Neoscona</i>	<i>oaxacensis</i>		Keyserling
		<i>Neoscona</i>	<i>orizabensis</i>		Pickard-cambridge
	Clubionidae	<i>Chiracanthium</i>	<i>inclusum</i>		Hentz
	Dictynidae	<i>Dictynia</i>	sp.		
	Gnaphosidae	<i>Drassyllus</i>	sp.		
		<i>Herpyllus</i>	sp.		
		<i>Poecilochroa</i>	sp.		
	Linyphiidae	<i>Microlinyphia</i>	<i>catalina</i>		Gertsch
		<i>Microneta</i>	sp.		
	Lycosidae	<i>Allocosa</i>	sp.		
		<i>Hesperocosa</i>	sp.		
		<i>Lycosa</i>	<i>brevitarsis</i>		Pickard & Cambridge
		<i>Pardosa</i>	<i>falcifera</i>		Pickard & Cambridge
	Oxyopidae	<i>Peucetia</i>	<i>viridans</i>		Hentz
	Pholcidae	<i>Psilochorus</i>	<i>conjunctus</i>		Gertsch & Davis
	Salticidae	<i>Agassa</i>	<i>cerulea</i>		Walckenaer
		<i>Eris</i>	sp.		
		<i>Habrocestum</i>	sp.		
		<i>Habronattus</i>	sp.		
		<i>Metaphidippus</i>	sp.		Pickard & Cambridge
		<i>Phidippus</i>	<i>mexicanus</i>		Peckham & Peckham
		<i>Phidippus</i>	<i>tuberculatus</i>		Pickard & Cambridge
	Tetragnathidae	<i>Tetragnatha</i>	<i>orizaba</i>		Banks
	Theraphosidae	<i>Aphonopelma</i>	<i>anitahoffmannae</i>		Pocock
		<i>Brachypelma</i>	sp.		
	Theridiidae	<i>Latrodectus</i>	<i>mactans</i>		Fabricius
		<i>Misumenops</i>	<i>decorus</i>		Banks
		<i>Steatoda</i>	<i>medialis</i>		Banks
		<i>Theridion</i>	<i>adjacens</i>		Pickard & Cambridge
		<i>Theridion</i>	<i>styligerum</i>		Pickard & Cambridge
	Thomisidae	<i>Misumenoides</i>	<i>annulipes</i>		Cambridge
		<i>Misumenoides</i>	<i>blandus</i>		Pickard & Cambridge
		<i>Philodromus</i>	sp.		
		<i>Synema</i>	<i>parvulum</i>		Hentz
		<i>Thanatus</i>	sp.		
		<i>Tibellus</i>	sp.		
Orden Pseudoscorpionida	Chernetidae	<i>Epichernes</i>	<i>azteca</i>		Hentschel

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
Orden Scorpiones	Vaejovidae	<i>Vaejovis</i>	<i>granulatus</i>		Pocock
		<i>Vaejovis</i>	<i>mexicanus</i>	<i>mexicanus</i>	C. L. Koch
Clase Acarida					
Orden Actinedida	Syringophilidae	<i>Syringophilopsis</i>	<i>elongatus</i>		Ewing
		<i>Syringophilopsis</i>	sp.		
Orden Astigmata	Analgidae	<i>Analges</i>	sp.		
	Proctophyllodidae	<i>Proctophyllodes</i>	<i>egglestoni</i>		Spory
		<i>Proctophyllodes</i>	<i>huitzilopotzi</i>		
		<i>Proctophyllodes</i>	<i>ludovicianus</i>		Atyeo y Braasch
		<i>Proctophyllodes</i>	<i>pinnatus</i>		Nitzsch
		<i>Proctophyllodes</i>	sp. 1		
		<i>Proctophyllodes</i>	sp. 2		
		<i>Proctophyllodes</i>	sp. 3		
	Psoroptoididae	<i>Mesalgoides</i>	sp.		
	Trouessartiidae	<i>Trouessartia</i>	sp.		
Orden Cryptostigmata	Mochlozetidae	<i>Mochloribatula</i>	sp.		
Orden Mesostigmata	Spinturnicidae	<i>Spinturnix</i>	<i>carloshoffmanni</i>		Hoffmann
Orden Prostigmata	Myobiidae	<i>Zacaltepetla</i>	<i>hoffmannae</i>		Basurto
	Pterygosomatidae	<i>Geckobiella</i>	<i>texana</i>		Banks
		<i>Hirstiella</i>	<i>pelaezi</i>		Cunliffe
	Trombiculidae	<i>Acomatacarus</i>	<i>bakeri</i>		Hoffmann
		<i>Ascoschöngastia</i>	<i>anomala</i>		Hoffmann
		<i>Ascoschöngastia</i>	<i>pedregalensis</i>		Hoffmann
Clase Insecta					
Orden Coleoptera	Buprestidae	<i>Acmaeodera</i>	<i>flavomarginata</i>		(Gray)
	Cantharidae	<i>Silis</i>	<i>dilacerata</i>		S/a
	Carabidae	<i>Platynus</i>	sp.		
	Cerambycidae	<i>Trichoxys</i>	<i>sulphurifer</i>		Chevrolet
	Chrysomelidae	<i>Chalepus</i>	<i>signaticolis</i>	<i>latecinctus</i>	Pic
		<i>Chlamisus</i>	sp.		
		<i>Chlamisus</i>	<i>sticta</i>		Lacordaire
		<i>Coscinoptera</i>	<i>dominicana</i>		Fabricius
		<i>Cryptocephalus</i>	<i>basalis</i>		Suffrian
		<i>Cryptocephalus</i>	sp.		
		<i>Diabrotica</i>	<i>duodecimnotata</i>		Harold
		<i>Diabrotica</i>	sp. 1		
		<i>Diabrotica</i>	sp. 2		
		<i>Diabrotica</i>	<i>vicina</i>		Jacoby

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Enagria</i>	<i>ovata</i>		Boheman
		<i>Epitrix</i>	<i>parvula</i>		
		<i>Heikertingerella</i>	<i>variabilis</i>		Jacoby
		<i>Hemiphrynus</i>	<i>intermedius</i>		Jacoby
		<i>Hemiphrynus</i>	sp.		
		<i>Hemiphrynus</i>	<i>sulcatipennis</i>		Jacoby
		<i>Lema</i>	<i>quinqenotata</i>		Clark
		<i>Lema</i>	<i>trilineata</i>		
		<i>Leptinotarsa</i>	<i>rubiginosa</i>		Rogers
		<i>Luperus</i>	<i>rugosus</i>		Jacoby
		<i>Nodonota</i>	<i>cretifera</i>		Lefèvre
		<i>Nodonota</i>	<i>curtula</i>		Jacoby
		<i>Nodonota</i>	<i>tarsata</i>		Jacoby
		<i>Oedyonychus</i>	<i>conspurcatus</i>		Jacoby
		<i>Omophoita</i>	<i>abdominalis</i>		Chevrolat
		<i>Pachybrachis</i>	<i>bajula</i>		Suffrian
		<i>Pachybrachis</i>	<i>minuta</i>		Jacoby
		<i>Pachybrachis</i>	<i>umbraculata</i>		Suffrian
		<i>Pentispa</i>	<i>fairmairei</i>		Chapuis
		<i>Pentispa</i>	<i>morio</i>		Fabricius
		<i>Phaedon</i>	<i>varicolor</i>		Jacoby
		<i>Plectotetra</i>	<i>clarki</i>		Baly
		<i>Trirhabda</i>	<i>vicina</i>		Jacoby
		<i>Zygogramma</i>	<i>aneovittata</i>		Stal
		<i>Zygogramma</i>	<i>lepidula</i>		Stal
		<i>Zygogramma</i>	<i>piceicollis</i>		Stal
		<i>Zygosyca</i>	<i>signatipennis</i>		Stal
	Coccinellidae	<i>Coccinella</i>	sp.		
		<i>Coccinella</i>	<i>transversoguttata</i>		Faldermann
		<i>Hippodamia</i>	<i>convergens</i>		Guerin
	Cryptophagidae	<i>Hemoticus</i>	sp.		
	Curculionidae	<i>Rhodobaenus</i>	sp.		
	Erotylidae	<i>Aegithus</i>	sp.		
	Histeridae	<i>Colastus</i>	<i>simplex?</i>		
	Lampyridae	<i>Discodon</i>	sp.		
		<i>Macrolampis</i>	<i>producta</i>		Gorh.
	Melolonthidae	<i>Diplotaxis</i>	sp.		
		<i>Euphoria</i>	<i>basalis</i>		Gory and Percheron
		<i>Phyllophaga</i>	sp.		
	Melyridae	<i>Trichochrous</i>	sp.		
	Scarabaeidae	<i>Macroductylus</i>	<i>mexicanus</i>		

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
	Tenebrionidae	<i>Cyrtomius</i>	<i>plicatus</i>		Champion
		<i>Epitragus</i>	sp.		
		<i>Steriphanus</i>	<i>mancus</i>		Champion
Orden Collembola	Arrhopalididae	<i>Arrhopalites ca.</i>	<i>benitus</i>		
		<i>Arrhopalites</i>	sp.		
		<i>Collophora</i>	<i>quadriculata</i>		(Denia)
	Brachystomellidae	<i>Brachystomella</i>	<i>parvula</i>		(Schäffer)
	Dicyrtomidae	<i>Ptenothrix</i>	<i>marmorata</i>		(Packard)
	Entomobryidae	<i>Entomobrya</i>	sp.		
		<i>Entomobrya</i>	<i>atrocincta</i>		Schött
		<i>Entomobrya cf.</i>	<i>sinelloides</i>		Christiansen
		<i>Entomobrya</i>	<i>triangularis</i>		Schött
		<i>Americabrya (janetschekbrya)</i>	sp.		
		<i>Orchesella</i>	sp.		
		<i>Pseudosinella ca.</i>	<i>aerea</i>		
		<i>Pseudosinella</i>	sp.		
		<i>Seira</i>	sp.		
	Hypogastruridae	<i>Ceratophysela</i>	<i>denticulada</i>		(Bagnal)
		<i>Schoettella</i>	<i>distincta</i>		(Denis)
		<i>Xenylla cf.</i>	<i>humicola</i>		(Fabricius)
		<i>Xenylla</i>	<i>grisea</i>		Axelson
		<i>Xenylla</i>	<i>wilsoni</i>		Da gama
		<i>Xenylla ca.</i>	<i>boernerii</i>		
		<i>Xenylla</i>	<i>boernerii</i>		Axelson
		<i>Xenylla</i>	<i>christianseni</i>		Da gama
	Isotomidae	<i>Folsomides</i>	<i>angularis</i>		(Axelson)
		<i>Folsomides</i>	<i>parvulus (americanus)</i>		Stach
		<i>Isotoma</i>	sp.		
		<i>Isotomiella</i>	<i>minor</i>		(Schäffer)
		<i>Isotomurus ca.</i>	<i>cibus</i>		
		<i>Isotomurus</i>	sp.		
		<i>Parisotoma</i>	<i>notabilis</i>		(Schäffer)
	Neanuridae	<i>Pseudachorutes</i>	<i>simplex</i>		Maynard
	Onychiuridae	<i>Mesaphorura</i>	<i>krausbaueri</i>		Borner
		<i>Protaphorora (onychiurus)</i>	<i>armata</i>		(Tullberg)
		<i>Orthonychiurus (onychiurus).</i>	<i>cf. folsomi</i>		Shaeffer
	Sminthuridae	<i>Neosminthurus</i>	<i>clavatus</i>		(Banks)
		<i>Sminthurus</i>	<i>butcheri</i>		Snider

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Sinthurinus</i>	<i>elegans</i>		(Fitch)
		<i>Sphyrotheca</i>	sp.		
	Sminthurididae	<i>Sphaeridia</i>	<i>pumilis</i>		(Krausbauer)
		<i>Sphaeridia</i>	<i>serrata</i>		Folsom & Mills
	Tomoceridae	<i>Pogonognathellus</i> (<i>tomocerus</i>)	<i>flavescens</i>		(Tullberg)
Orden Diptera	Agromyzidae	<i>Liriomyza</i>	<i>munda</i>		Frick
	Bibionidae	<i>Dilophus</i>	sp.		
	Bombyliidae	<i>Aphoebantus</i>	sp.		
		<i>Bombylius</i>	sp.		
		<i>Diochanthrax</i>	sp.		
		<i>Geron</i>	sp.		
		<i>Ligyra</i>	sp.		
		<i>Paravilla</i>	sp.		
		<i>Phthiria</i>	sp.		
	Calliphoridae	<i>Calliphora</i>	<i>terraenovae</i>		Macquart
	Culicidae	<i>Culiseta</i>	<i>particeps</i>		(Adams)
	Dolichopodidae	<i>Achalcus</i>	sp.		
	Empididae	<i>Rhamphomya</i>	sp.		
	Sarcophagidae	<i>Helicobia</i>	sp.		
		<i>Sarcofahrtia</i>	<i>ravinia</i>		Parlier
	Sirphyidae	<i>Allograptia</i>	<i>exotica</i>		(Wiedemann)
		<i>Allograptia</i>	<i>obliqua</i>		(Sail)
		<i>Baccha</i>	sp.		
		<i>Cheilisia</i>	sp.		
		<i>Chrysotoxum</i>	<i>integre</i>		(Williston)
		<i>Copestylum</i>	<i>anna</i>		(Williston)
		<i>Copestylum</i>	<i>meleum</i>		(Jeannicke)
		<i>Copestylum</i>	<i>metalliferum</i>		(Walker)
		<i>Copestylum</i>	<i>pallisteri</i>		(Curran)
		<i>Copestylum</i>	sp.		
		<i>Copestylum</i>	<i>tympanitis?</i>		(Fabricius)
		<i>Eristalis</i>	<i>circe</i>		(Williston)
		<i>Eristalis</i>	<i>tenax</i>		(Linneaus)
		<i>Eupeodes</i>	<i>americanus</i>		Wiedemann
		<i>Eupeodes</i>	<i>volucris</i>		Osten Sacken
		<i>Helophilus</i>	<i>latifrons</i>		(Leow)
		<i>Lejops</i>	<i>arquatus</i>		(Say)
		<i>Lejops</i>	<i>mexicanus</i>		(Macquart)
		<i>Melangyna</i>	sp.		
		<i>Metasyrphus</i>	<i>americanus</i>		(Wiedemann)

	Familia	Genero	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Nausigaster</i>	<i>punctulata</i>		(Williston)
		<i>Ocyptamus</i>	<i>coeruleus</i>		(Williston)
		<i>Palpada</i>	<i>pusilla</i>		(Macquart)
		<i>Palpada</i>	<i>testaceicornis</i>		(Macquart)
		<i>Palpada</i>	<i>vinetorum</i>		(Fabricius)
		<i>Paragus</i>	<i>haemorrhous</i>		(Meigen)
		<i>Platycheirus</i>	<i>chaetopoda</i>		(Davison)
		<i>Platycheirus</i>	<i>stegnum</i>		(Say)
		<i>Pseudodorus</i>	<i>clavatus</i>		(Fabricius)
		<i>Sphaerophoria</i>	<i>contigua</i>		(Macquart)
		<i>Syritta</i>	<i>pipiens</i>		(Linnaeus)
		<i>Syrphus</i>	<i>opinator</i>		Osten Sacken
		<i>Syrphus</i>	<i>shorae</i>		Fluke
		<i>Toxomerus</i>	<i>marginatus</i>		(Say)
		<i>Toxomerus</i>	<i>mutuus</i>		(Say)
		<i>Toxomerus</i>	<i>politus</i>		(Say)
		<i>Toxomerus</i>	<i>tibicen</i>		(Wiedemann)
		<i>Xanthandrus</i>	sp.		
	Tachinidae	<i>Adejeania</i>	<i>vexatrix</i>		(Osten Sacken)
		<i>Epalpus</i>	sp.		
		<i>Mochlosoma</i>	sp.		
		<i>Peleteria</i>	sp.		
		<i>Xanthophyto</i>	sp.		
	Tephritidae	<i>Urellia</i>	sp.		
	Tipulidae	<i>Nephrotoma</i>	sp.		
Orden Hemiptera	Coreidae	<i>Anasa</i>	sp.		
		<i>Archimerus</i>	<i>indecorus</i>		(Walker)
		<i>Chelinidea</i>	<i>tabulata</i>		(Uhler)
		<i>Margus</i>	<i>incospiuus</i>		(Herrich-Schaeffer)
		<i>Narnia</i>	<i>femorata</i>		(Stal)
		<i>Piezogaster</i>	<i>indecorus</i>		Walker
	Gerridae	<i>Gerris</i>	sp.		
	Largidae	<i>Largus</i>	<i>convivus</i>		(Stal)
		<i>Stenomacra</i>	<i>marginella</i>		(Stal)
	Lygaeidae	<i>Cryphula</i>	<i>nitens</i>		(Barber)
		<i>Lygaeus</i>	<i>reclivatus</i>		(Say)
		<i>Melanopleurus</i>	<i>bicolor</i>		(Herrich-Schaeffer)
		<i>Neacoryphus</i>	<i>bicrucis</i>		(Say)
		<i>Neacoryphus</i>	<i>circumlitus</i>		(Stal)
		<i>Neacoryphus</i>	<i>lateralis</i>		(Dallas)
		<i>Neacoryphus</i>	<i>pedregalensis</i>		Brailovsky

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Nysius</i>	sp.		
		<i>Prytones</i>	sp.		
	Miridae	<i>Collaria</i>	sp.		
	Pentatomidae	<i>Chlorocoris</i>	<i>rufopictus</i>		(Walker)
		<i>Chlorocoris</i>	sp.		
		<i>Edessa</i>	<i>conspersa</i>		(Stal)
		<i>Euschistus</i>	<i>biformis</i>		(Stal)
		<i>Murgantia</i>	<i>histrionica</i>		(Hahn)
		<i>Padaeus</i>	<i>trivitattus</i>		(Stal)
	Ploiariidae	<i>Metapterus</i>	sp.		
	Pyrrhocoridae	<i>Dysdercus</i>	<i>obliquus</i>		(Herrich-Schaeffer)
	Rhopalidae	<i>Harmostes</i>	<i>nebulosus</i>		(Stal)
		<i>Jadera</i>	<i>haematoloma</i>		(Herrich-Schaeffer)
	Tingidae	<i>Banasa</i>	sp.		
		<i>Loxa</i>	<i>jadera</i>	<i>haematoloma</i>	(Herrich-Schaeffer)
Orden Homoptera	Aphididae	<i>Amphorophora</i>	sp.		
		<i>Aphidine</i>	sp.		
		<i>Aphis</i>	<i>gossypii</i>		(Glover)
		<i>Cinara</i>	sp.		
		<i>Epameilaphis</i>	sp.		
		<i>Eulochnus</i>	sp.		
		<i>Lachnina</i>	sp.		
		<i>Myzus</i>	<i>persicae</i>		(Sulzer)
		<i>Rhopalosiphina</i>	sp.		
		<i>Rhopalosiphum</i>	sp.		
		<i>Schizolachnus</i>	sp.		
	Cicadellidae	<i>Aceratagallia</i>	<i>sanguinolenta</i>		(Provancher)
		<i>Aceratagallia</i>	<i>sordida</i>		Oman
		<i>Alconeura</i>	<i>cinctella</i>		Delong & Ruppel
		<i>Alconeura</i>	<i>languida</i>		Delong & Ruppel
		<i>Carnecephala</i>	<i>reticulata</i>		(Signoret)
		<i>Coelidia</i>	sp.		
		<i>Colimona</i>	<i>mediolineata</i>		Fowler
		<i>Dikraneura</i>	<i>halberda</i>		Ruppel & Delong
		<i>Dikrella</i>	sp.		
		<i>Dilobopterus</i>	<i>demissus</i>		(Fabricius)
		<i>Draeculacephala</i>	<i>antica</i>		(Walker)
		<i>Draeculacephala</i>	<i>mollipes</i>		(Say)
		<i>Draeculacephala</i>	<i>pagoda</i>		Ball
		<i>Empoasca</i>	<i>arator</i>		Davidson & Delong
		<i>Empoasca</i>	<i>caldwelli</i>		Davidson & Delong

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Empoasca</i>	<i>caraba</i>		Davidson & Delong
		<i>Empoasca</i>	<i>corella</i>		Delong & Guevara
		<i>Empoasca</i>	<i>fabae</i>		(Harris)
		<i>Empoasca</i>	<i>metana</i>		Delong & Guevara
		<i>Empoasca</i>	<i>viridescens</i>		Walsh
		<i>Exitianus</i>	<i>picatus</i>		(Gibson)
		<i>Graphocephala</i>	<i>nigrofasciata</i>		(Walker)
		<i>Graphocephala</i>	<i>rufimargo</i>		(Walker)
		<i>Graphocephala</i>	<i>rufimargo</i>	<i>propior</i>	(Fowler)
		<i>Gypona</i>	<i>verticalis</i>		Stal
		<i>Hamana</i>	sp.		
		<i>Hordnia</i>	<i>dohnii</i>		(Signoret)
		<i>Macrosteles</i>	<i>urticae</i>		Moore & Ross
		<i>Macrosteles</i>	<i>variata</i>		Fallen
		<i>Marathonia</i>	<i>appropiucans</i>		S/a
		<i>Marathonia</i>	<i>nigrifascia</i>		(Walker)
		<i>Mesamia</i>	<i>interrupta</i>		Delong & Hershberger
		<i>Metascarta</i>	<i>caeroleuvittata</i>		S/a
		<i>Metascarta</i>	<i>caeroleuvittata</i>	<i>deliniata</i>	S/a
		<i>Neokolla</i>	sp.		
		<i>Neokrella</i>	sp.		
		<i>Nesosteles</i>	sp.		
		<i>Osbornellus</i>	sp.		
		<i>Scaphitopius</i>	sp.		
		<i>Spangbergiella</i>	<i>mexicana</i>		Baker
		<i>Tylozygus</i>	sp.		
	Coccidae	<i>Ceroplastes</i>	<i>albolineatus</i>		Cockerell
		<i>Dactylopius</i>	<i>indicus</i>		(Green)
		<i>Kermes</i>	sp.		
		<i>Pseudococus</i>	sp.		
	Membracidae	<i>Aconophora</i>	<i>pallescens</i>		Stal.
		<i>Campylenchia</i>	sp.		
		<i>Ceresa</i>	sp.		
		<i>Entylia</i>	<i>sinuata</i>		Fabricius
		<i>Platycotis</i>	sp.		
		<i>Polyglypta</i>	sp.		
		<i>Polyglyptodes</i>	sp.		
Orden Hymenoptera	Ampulicidae	<i>Centris</i>	<i>mexicana</i>		Smith
		<i>Ceratina</i>	<i>mexicana</i>		Cresson
	Andrenidae	<i>Andrena</i>	sp. 1		

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Andrena</i>	sp. 2		
		<i>Andrena</i>	<i>tegularis</i>		
		<i>Heterosaurus</i>	<i>asperatus</i>		S/a
		<i>Heterosaurus</i>	<i>mundus</i>		S/a
		<i>Heterosaurus</i>	<i>neomexicanus</i>		(Cockerell)
		<i>Perdita</i>	sp.		
		<i>Protandrena</i>	sp.		
		<i>Pseudopanurgus</i>	<i>trimaculatus</i>		Timberlake
	Apidae	<i>Apis</i>	<i>mellifera</i>		Linnaeus
		<i>Bombus</i>	<i>ephippiatus</i>		Say
		<i>Bombus</i>	<i>fervidus</i>	<i>sonomae</i>	Howard
		<i>Bombus</i>	<i>pennsylvanicus</i>	<i>sonorus</i>	Say
		<i>Bombus</i>	<i>pulcher</i>		Cresson
		<i>Centris</i>	<i>cockerelli</i>		Fox
		<i>Ceratina</i>	<i>capitosa</i>		Smith
		<i>Ceratina</i>	<i>neomexicana</i>		Cockerell
		<i>Deltoptila</i>	<i>elefas</i>		(Friese)
		<i>Diadasia</i>	<i>olivacea</i>		(Cresson)
		<i>Diadasia</i>	<i>rinconis</i>		Cockerell
		<i>Epeolus aff.</i>	<i>australis</i>		Mitchel
		<i>Exomalopsis</i>	<i>mellipes</i>		Cresson
		<i>Melissodes</i>	sp. 1		
		<i>Melissodes</i>	sp. 2		
		<i>Melissodes</i>	sp. 3		
		<i>Melissodes</i>	<i>tepaneca</i>		Cresson
		<i>Syntrichalonia</i>	<i>exquisita</i>		(Cresson)
		<i>Tetraloniella</i>	sp.		
		<i>Thygater</i>	<i>analís</i>		(Lepeletier)
		<i>Xylocopa</i>	<i>guatemalensis</i>		Cockerell
		<i>Xylocopa</i>	<i>micheneri</i>	<i>descipiens</i>	Hurd
		<i>Xylocopa</i>	<i>tabaniformis</i>	<i>azteca</i>	(Cresson)
	Colletidae	<i>Colletes</i>	sp.		
		<i>Hylaeus</i>	sp.		
		<i>Ptiloglossa</i>	<i>mexicana</i>		(Cresson)
	Formicidae	<i>Camponotus</i>	sp.		
		<i>Iridomyrmex</i>	sp. 1		
		<i>Iridomyrmex</i>	sp. 2		
		<i>Pseudomyrmex</i>	sp.		
	Halictidae	<i>Augochlora</i>	<i>smaragdina</i>		Friese
		<i>Augochlorella</i>	<i>pomoniella</i>		(Cockerell)
		<i>Caenaugochlora</i>	sp.		

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Dialictus</i>	<i>aquilae</i>		(Cockerell)
		<i>Dialictus</i>	<i>cubitalis</i>		(Vachal)
		<i>Dialictus</i>	<i>perdifficilis</i>		(Cockerell)
		<i>Dialictus</i>	<i>petrellus</i>		(Cockerell)
		<i>Dialictus</i>	sp. 1		
		<i>Dialictus</i>	sp. 2		
		<i>Evylaeus</i>	sp.		
		<i>Halictus</i>	<i>ligatus</i>		Say
		<i>Lasioglossum</i>	<i>argutum</i>		Mcginley
		<i>Lasioglossum</i>	<i>desertum</i>		(Smith)
		<i>Lasioglossum</i>	<i>jubatatum</i>		(Vachal)
		<i>Lasioglossus</i>	sp.		
		<i>Mexalictus</i>	sp.		
		<i>Sphecodes</i>	sp. 1		
		<i>Sphecodes</i>	sp. 2		
		<i>Sphecodes</i>	sp. 3		
	Megachilidae	<i>Anthidiellum</i>	<i>hondurasicum</i>		(Cockerell)
		<i>Anthidium</i>	<i>maculosum</i>		Cresson
		<i>Ashmeadiella aff.</i>	<i>bequaerti</i>		Cockerell
		<i>Lithurge</i>	<i>littoralis</i>		Cockerell
		<i>Megachile</i>	<i>toluca</i>		Cresson
		<i>Megachile</i>	<i>zapoteka</i>		Cresson
		<i>Osmia</i>	<i>azteca</i>		Cresson
		<i>Paranthidium</i>	<i>gabbi</i>		(Cresson)
	Scoliidae	<i>Campsomeris</i>	<i>limosa</i>		(Burmeister)
	Sphecidae	<i>Steniolia</i>	sp.		
		<i>Stigmus</i>	sp.		
	Trichogrammatidae	<i>Trichogramma</i>	<i>pretiosum</i>		Riley
	Vespidae	<i>Eumenes</i>	<i>consobrinus</i>		Saussure
		<i>Myschocyttarus</i>	<i>pallidipectus</i>		(Smith)
Orden Lepidoptera	Agaristidae	<i>Alypiodes</i>	<i>bimaculata</i>		Herrich-Schaffer
	Arctiidae	<i>Halisidota</i>	<i>caryae</i>		Harr.
	Bombycidae	<i>Apatelodes</i>	<i>gregaria</i>		S/a
	Danaidae	<i>Danaus</i>	<i>berenice</i>		Cramer
		<i>Danaus</i>	<i>plexippus</i>		Linnaeus
	Geometridae	<i>Acronyctodes</i>	<i>mexicanaria</i>		Walker
		<i>Anacamptodes</i>	<i>perfectaria</i>		
		<i>Anacamptodes</i>	sp.		
		<i>Caberodes</i>	<i>axona</i>		
		<i>Cheteoscelis</i>	<i>pectinaria</i>		Grossbeck
		<i>Dichorda</i>	<i>iridaria</i>		Guenée

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Eupithecia</i>	sp.		
		<i>Evita</i>	<i>hyalinaria</i>	<i>blandaria</i>	Dyar
		<i>Hemitheinsopsis</i>	<i>pteroglaucia</i>		Dyar
		<i>Hydriomena</i>	sp.		
		<i>Hygrochroma</i>	sp.		
		<i>Melanolophia</i>	<i>flexilinea</i>	<i>flexilinea</i>	Warren
		<i>Pero</i>	<i>melissa</i>		Druce
		<i>Pero</i>	sp.		
		<i>Pityeja</i>	<i>picta</i>		S/a
		<i>Plataea</i>	<i>orsima</i>		Druce
		<i>Racheospila</i>	<i>nortia</i>		S/a
		<i>Sabulodes</i>	<i>matrona</i>		Bruce
		<i>Selenia</i>	<i>veda</i>		Dyar
		<i>Sericoptera</i>	<i>mahometaria</i>		Herrich-Schäffer
		<i>Stenoporpia</i>	<i>regula</i>		Rindge
		<i>Synopsisia</i>	<i>leonilaria</i>		Hoffmann
		<i>Synopsisia</i>	<i>mexicanaria</i>		Walker
		<i>Tachyphyle</i>	sp.		
		<i>Tephroclystis</i>	<i>sylvoidea</i>		Schs
	Hepialidae	<i>Phassus</i>	<i>trojesa</i>		S/a
	Hesperidae	<i>Achlyodes</i>	<i>pallida</i>		(Felder)
		<i>Amblyscirtes</i>	<i>fimbrata</i>		Ploetz
		<i>Amblyscirtes</i>	<i>folia</i>		Godman y Salvin
		<i>Amblyscirtes</i>	<i>tutolia</i>		Dyar
		<i>Apyrothrix</i>	<i>araxes</i>		(Hewitson)
		<i>Atalopedes</i>	<i>campestris</i>		(Boisduval)
		<i>Atrytonopsis</i>	<i>deva</i>		Edwards
		<i>Autochton</i>	<i>cellus</i>		(Boisduval y Leconte)
		<i>Calpodes</i>	<i>ethlius</i>		(Cramer)
		<i>Dalla</i>	<i>cyclosticta</i>		(Dyar)
		<i>Doberes</i>	<i>hewitsonius</i>		Reakirt
		<i>Erynnis</i>	<i>albomarginatus</i>		(G. Y S.)
		<i>Erynnis</i>	<i>funeralis</i>		(Scudder y Burger)
		<i>Erynnis</i>	<i>mercurius</i>		Dyar
		<i>Heliopetes</i>	<i>arsalte</i>		(Linnaeus)
		<i>Hylephila</i>	<i>phyleus</i>		(Druce)
		<i>Lychnuchoidea</i>	<i>frappenda</i>		Dyar
		<i>Nyctelius</i>	<i>nyctelius</i>		Latreille
		<i>Oarisma</i>	<i>garita</i>		Reakirt
		<i>Ochlodes</i>	<i>librita</i>		(Ploetz)
		<i>Panoquina</i>	<i>hecebolus</i>		(Scudder)

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Panoquina</i>	<i>nyctelius</i>		(Latr.)
		<i>Paratrytone</i>	<i>melane</i>		(Edwards)
		<i>Pholisora</i>	<i>tepeca</i>		Bell
		<i>Piruna</i>	<i>cyclosticta</i>		Dyar
		<i>Piruna</i>	<i>gyrans</i>		Ploetz
		<i>Piruna</i>	<i>polingii</i>		Barnes
		<i>Poanes</i>	<i>hobomok</i>		(Harris)
		<i>Poanes</i>	<i>aff. zabulon</i>		Boisduval & Le Conte
		<i>Polites</i>	<i>mystic</i>		Edwards
		<i>Pyrgus</i>	<i>communis</i>		(Grote)
		<i>Pyrrhopyge</i>	<i>araxes</i>		Hewitson
		<i>Urbanus</i>	<i>dorantes</i>		(Stoll.)
		<i>Urbanus</i>	<i>dorantes</i>	<i>calafia</i>	Williams
		<i>Urbanus</i>	<i>proteus</i>		Linnaeus
		<i>Urbanus</i>	<i>simplicius</i>		(Stoll.)
		<i>Urbanus</i>	<i>teleus</i>		(Hbn.)
	Libytheidae	<i>Libytheana</i>	<i>carinenta</i>	<i>mexicana</i>	Michener
	Lycaenidae	<i>Callophrys</i>	<i>xami</i>		Reakirt
		<i>Celastrina aff.</i>	<i>ladon</i>		Ménétriés
		<i>Eroria</i>	<i>quaderna</i>		Hewitson
		<i>Hemiargus</i>	<i>isola</i>		Reakirt
		<i>Leptotes</i>	<i>marina</i>		Reakirt
		<i>Lycaenopsis</i>	<i>pseudargiolus</i>	<i>gozora</i>	Boisduval
		<i>Mitoura</i>	<i>xami</i>		(Reakirt)
		<i>Strymon</i>	sp.		
	Noctuidae	<i>Achaea</i>	<i>tropicalis</i>		(Guénée)
		<i>Acontia</i>	<i>areli</i>		Strecker
		<i>Agrotis</i>	<i>agis</i>		Dyar
		<i>Agrotis</i>	<i>c-nigrum</i>		(Linnaeus)
		<i>Agrotis</i>	<i>chabuadana</i>		Dyar
		<i>Agrotis</i>	<i>delicatessa</i>		Dyar
		<i>Agrotis</i>	<i>hahama</i>		(Dyar)
		<i>Agrotis</i>	<i>malefida</i>		(Guénée)
		<i>Agrotis</i>	<i>manethusa</i>		(Druce)
		<i>Agrotis</i>	<i>psilon</i>		(Rottemberg)
		<i>Alabama</i>	<i>argillacea</i>		(Hübner)
		<i>Antaplaga</i>	<i>dela</i>		(Druce)
		<i>Antaplaga</i>	<i>dela</i>	<i>hemicrocea</i>	Dyar
		<i>Antaplaga</i>	<i>dulcita</i>		Schaus
		<i>Antaplaga</i>	<i>pyralima</i>		Schaus
		<i>Ascalapha</i>	<i>odorata</i>		(Linnaeus)

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Autographa</i>	<i>biloba</i>		(Stephens)
		<i>Autographa</i>	<i>bimaculata</i>		(Stephens)
		<i>Autographa</i>	<i>rogationis</i>		Guénée
		<i>Autoplusia</i>	<i>egena</i>		(Guénée)
		<i>Baratra</i>	<i>configurata</i>		Walker
		<i>Bistica</i>	<i>noela</i>		Dyar
		<i>Bouda</i>	<i>pallipars</i>		Dyar
		<i>Caenurgia</i>	<i>diagonalis</i>		(Dyar)
		<i>Catocala</i>	<i>electilis</i>		Walker
		<i>Chabuata</i>	<i>rectinubila</i>		Dyar
		<i>Charadra</i>	<i>decora</i>		Morrison
		<i>Charadra</i>	<i>pata</i>		Druce
		<i>Chloridea</i>	<i>virescens</i>		(Fabricius)
		<i>Chorizagrotis</i>	<i>inconncina</i>		Harvey
		<i>Cirrhobolina</i>	<i>deducta</i>		(Morrison)
		<i>Cirrhobolina</i>	<i>mexicana</i>		Behr
		<i>Cirrhophanes</i>	<i>dubifer</i>		Dyar
		<i>Coenipeta</i>	<i>bibitrix</i>		Hübner
		<i>Copitarsia</i>	<i>consueta</i>		Walker
		<i>Cucullia</i>	<i>arizona</i>		Smith
		<i>Cucullia</i>	<i>dentilinea</i>		Smith
		<i>Epipsilia</i>	<i>quadrangula</i>		Zett.
		<i>Eriopyga</i>	<i>agrotiformis</i>		Dyar
		<i>Eriopyga</i>	<i>angustimargo</i>		Dyar
		<i>Eriopyga</i>	<i>cacoeona</i>		Dyar
		<i>Eriopyga</i>	<i>condensa</i>		Dyar
		<i>Eriopyga</i>	<i>constans</i>		Dyar
		<i>Eriopyga</i>	<i>diplogramma</i>		Schaus
		<i>Eriopyga</i>	<i>enages</i>		Dyar
		<i>Eriopyga</i>	<i>iole</i>		Schaus
		<i>Eriopyga</i>	<i>monopis</i>		Dyar
		<i>Eriopyga</i>	<i>pansapha</i>		Dyar
		<i>Eriopyga</i>	<i>rhodohoria</i>		Dyar
		<i>Eriopyga</i>	<i>xera</i>		Dyar
		<i>Eucoptocnemis</i>	<i>aphronus</i>		Dyar
		<i>Eupsephopaectes</i>	<i>procintus</i>		(Grote)
		<i>Euxoa</i>	<i>camalpa</i>		(Dyar)
		<i>Euxoa</i>	sp. 1		
		<i>Euxoa</i>	<i>velleripennis</i>		Grote
		<i>Galgula</i>	<i>partita</i>		Guénée
		<i>Galgula</i>	<i>partita</i>	<i>hepara</i>	(Guénée)

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Gonitis</i>	<i>editrix</i>		Guénéé
		<i>Gonocarsia</i>	<i>electrica</i>		(Schaus)
		<i>Gonodonta</i>	<i>pyrgo</i>		(Cramer)
		<i>Gorgora</i>	<i>morga</i>		Dyar
		<i>Hadena</i>	<i>dubitans</i>		(Walker)
		<i>Hadena</i>	<i>litaphania</i>		Dyar
		<i>Heliophila</i>	<i>albilinea</i>		(Hübner)
		<i>Heliothis</i>	<i>zea</i>		Boddie
		<i>Hemibrymima</i>	<i>chryselectra</i>		(Grote)
		<i>Hemieuxoa</i>	<i>rudens</i>		(Harvey)
		<i>Homoanarta</i>	<i>falcata</i>		Neumoegen
		<i>Homoanarta</i>	<i>nudur</i>		(Dyar)
		<i>Hydroeciodes</i>	<i>alala</i>		(Druce)
		<i>Hydroeciodes</i>	<i>exagitans</i>		Dyar
		<i>Hydroeciodes</i>	<i>mendicosa</i>		Dyar
		<i>Hydroeciodes</i>	<i>pexa</i>		Schaus
		<i>Hydroeciodes</i>	<i>peximela</i>		Dyar
		<i>Hypena</i>	<i>secularis</i>		Guénéé
		<i>Hypocala</i>	<i>andremona</i>		(Cramer)
		<i>Hyssia</i>	<i>mephrosticta</i>		Dyar
		<i>Hyssia</i>	<i>plenipotentis</i>		Dyar
		<i>Hyssia</i>	<i>pseudochroma</i>		Dyar
		<i>Hyssia</i>	<i>stellipars</i>		Dyar
		<i>Ianius</i>	<i>mosca</i>		(Dyar)
		<i>Kallitrichia</i>	<i>coronides</i>		(Druce)
		<i>Lepidotrama</i>	<i>detrans</i>		(Walker)
		<i>Leucania</i>	<i>phragmatidicola</i>		Guénéé
		<i>Leucania</i>	sp. 1		
		<i>Leucochlaena</i>	<i>hipparis</i>		(Druce)
		<i>Leucochlaena</i>	<i>hipparis</i>	<i>colossa</i>	Draudt
		<i>Lichnoptera</i>	<i>cavilator</i>		Walker
		<i>Lophoceramica</i>	<i>pyrrha</i>		(Druce)
		<i>Lycophotia</i>	<i>margaritosa</i>		(Haworth)
		<i>Magusa</i>	<i>orbifera</i>		(Walker)
		<i>Melipotis</i>	<i>acontioides</i>		(Guénéé)
		<i>Melipotis</i>	<i>contorta</i>		Guénéé
		<i>Melipotis</i>	<i>fasciolaris</i>		Cramer
		<i>Melipotis</i>	<i>inconspicua</i>		Schaus
		<i>Melipotis</i>	<i>indomita</i>		(Walker)
		<i>Micrathetis</i>	<i>triplex</i>		Walker
		<i>Mocis</i>	<i>repanda</i>		(Fabricius)

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Neleucania</i>	<i>bicolorata</i>		(Grote)
		<i>Oligia</i>	<i>arbora</i>		Barnes y Mcdunnough
		<i>Oligia</i>	<i>fractilinea</i>		(Grote)
		<i>Oncocnemis</i>	<i>polyfacies</i>		Dyar
		<i>Papaipema</i>	<i>apicata</i>		Dyar
		<i>Perigea</i>	<i>selenosa</i>		Guénéé
		<i>Phyrrhia</i>	sp.		
		<i>Plagiomimicus</i>	<i>resoluta</i>		(Dyar)
		<i>Platysenta</i>	<i>temecula</i>		Barnes
		<i>Polia</i>	<i>comis</i>		(Grote)
		<i>Polia</i>	<i>erecta</i>		(Walker)
		<i>Polia</i>	<i>eresia</i>		Walker
		<i>Polia</i>	<i>laudabilis</i>		Guénéé
		<i>Polia</i>	<i>olivacea</i>		(Morrison)
		<i>Polia</i>	<i>psittacus</i>		Herr-Schäffer
		<i>Polia</i>	<i>surgens</i>		Dyar
		<i>Prodenia</i>	<i>dolichos</i>		(Fabricius)
		<i>Prodenia</i>	<i>latifascia</i>		Walker
		<i>Properigea</i>	<i>loculosa</i>		(Grote)
		<i>Prothortodes</i>	<i>pseudochroma</i>		(Dyar)
		<i>Pseudaletia</i>	<i>unipuncta</i>		(Haworth)
		<i>Pseudanarta</i>	<i>heterochroa</i>		Dyar
		<i>Rhosologia</i>	<i>stigmaphiles</i>		Dyar
		<i>Stibadium</i>	<i>curiosum</i>		Neumoegen
		<i>Stiria</i>	<i>itycis</i>		Dyar
		<i>Thysania</i>	<i>zenobia</i>		Cramer
		<i>Trachea</i>	<i>stygia</i>		(Dyar)
		<i>Trichestra</i>	<i>bicatenata</i>		Dyar
		<i>Xanthopastis</i>	<i>timais</i>		(Cramer)
		<i>Xylena</i>	<i>lytaea</i>		Druce
		<i>Zatrephes</i>	<i>philobia</i>		Druce
		<i>Zazunga</i>	<i>opinor</i>		Dyar
	Nymphalidae	<i>Adelpha</i>	<i>bredowii</i>	<i>bredowii</i>	(Geyer)
		<i>Agraulis</i>	<i>vanillae</i>	<i>incarnata</i>	(Riley)
		<i>Anemeca</i>	<i>ehrenbergii</i>		(Geyer)
		<i>Anthanassa</i>	<i>texana</i>		Edwards
		<i>Cynthia</i>	<i>cardui</i>		Linnaeus
		<i>Cynthia</i>	<i>virginiensis</i>		Druce
		<i>Danaus</i>	<i>gilippus</i>	<i>thersippus</i>	Bates
		<i>Danaus</i>	<i>plexippus</i>	<i>plexippus</i>	(Linnaeus)

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Dione</i>	<i>juno</i>	<i>huascuma</i>	(Reakirt)
		<i>Dione</i>	<i>moneta</i>	<i>poeyii</i>	(Butler)
		<i>Dynamine</i>	<i>dyonis</i>		Geyer
		<i>Eunica</i>	<i>monima</i>		(Cramer)
		<i>Euphydryas</i>	<i>editha</i>		Boisduval
		<i>Euptoieta</i>	<i>claudia</i>	<i>daunius</i>	(Herbst)
		<i>Euptoieta</i>	<i>hegesia</i>	<i>meridiana</i>	Stichel
		<i>Junonia</i>	<i>genoveva</i>		Cramer
		<i>Limenitis</i>	<i>bredowii</i>	<i>eulalia</i>	Doubleday
		<i>Marpesia</i>	<i>petreus</i>	ssp.	(Cramer)
		<i>Morpheis</i>	<i>ehrenbergii</i>		Geyer
		<i>Myscelia</i>	<i>ethusa</i>		Boisduval
		<i>Nymphalis</i>	<i>antiopa</i>		Linnaeus
		<i>Precis</i>	<i>coenia</i>		Hübner
		<i>Siproeta</i>	<i>stelenes</i>	<i>biplagiata</i>	Fruhstorfer
		<i>Tritanassa</i>	<i>alexon</i>		Godman y Salvin
		<i>Tritanassa</i>	<i>texana</i>		Edwards
		<i>Vanessa</i>	<i>atalanta</i>		Linnaeus
		<i>Vanessa</i>	<i>cardui</i>		Linnaeus
		<i>Vanessa</i>	<i>virginiensis</i>		Druce
	Papilionidae	<i>Battus</i>	<i>philenor</i>	<i>philenor</i>	(Linnaeus)
		<i>Heraclides</i>	<i>cresphontes</i>		(Cramer)
		<i>Papilio</i>	<i>cresphontes</i>		Cramer
		<i>Papilio</i>	<i>garamas</i>	<i>garamas</i>	Hübner
		<i>Papilio</i>	<i>multicaudatus</i>		Kirby
		<i>Papilio</i>	<i>polyxenes</i>		Fabricius
		<i>Papilio</i>	<i>polyxenes</i>	<i>asterius</i>	Cramer
		<i>Pyrrhosticta</i>	<i>garamas</i>	<i>garamas</i>	(Geyer)
	Pieridae	<i>Anteos</i>	<i>maerula</i>	<i>lacordairei</i>	(Boisduval)
		<i>Aphrissa</i>	<i>statira</i>		Cramer
		<i>Catasticta</i>	<i>nimbice</i>	<i>nimbice</i>	(Boisduval)
		<i>Catasticta</i>	<i>teutila</i>	<i>teutila</i>	(Doubleday)
		<i>Colias</i>	<i>cesonia</i>		Stoll.
		<i>Colias</i>	<i>eurytheme</i>		Boisduval
		<i>Colias</i>	<i>philodice</i>		Godart
		<i>Eurema</i>	<i>daira</i>		(Godart)
		<i>Eurema</i>	<i>mexicana</i>	<i>mexicana</i>	(Boisduval)
		<i>Eurema</i>	<i>nicippe</i>		(Cramer)
		<i>Eurema</i>	<i>salome</i>	<i>jamapa</i>	(Reakirt)
		<i>Leptophobia</i>	<i>aripa</i>	<i>elodia</i>	(Boisduval)
		<i>Nathalis</i>	<i>iole</i>		Boisduval

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Phoebis</i>	<i>philea</i>		Joh.
		<i>Phoebis</i>	<i>philea</i>	<i>philea</i>	(Linnaeus)
		<i>Phoebis</i>	<i>sennae</i>	<i>eubule</i>	Linnaeus
		<i>Phoebis</i>	<i>sennae</i>	<i>marcellina</i>	(Cramer)
		<i>Pieris</i>	<i>protodice</i>		Boisduval y Leconte
		<i>Pontia</i>	<i>protodice</i>		(Boisduval y Leconte)
		<i>Zerene</i>	<i>cesonia</i>	<i>cesonia</i>	(Stoll)
	Riodinidae	<i>Calephelis</i>	<i>perditalis</i>		Barnes y Macdunnough
		<i>Emesis</i>	<i>zela</i>	<i>zela</i>	Btlr.
		<i>Lephelisca</i>	<i>nemesis</i>		Edw
	Saturniidae	<i>Automeris</i>	<i>adelo</i>		Hoffmann
		<i>Automeris</i>	<i>leucane</i>		Hbn
		<i>Rothschildia</i>	<i>orizaba</i>		
	Satyridae	<i>Cyllopsis</i>	<i>henshawi</i>	<i>hoffmanni</i>	Miller
		<i>Cyllopsis</i>	<i>pertepida</i>		Dyar
		<i>Cyllopsis</i>	<i>pseudopephredo</i>		Chermock
		<i>Euptychia</i>	<i>rubricata</i>	<i>anabetae</i>	Miller
		<i>Euptychia</i>	<i>sericeella</i>		Bates
		<i>Gyrocheilus</i>	<i>patrobas</i>		Hew.
		<i>Megisto</i>	<i>rubricata</i>		Edw.
	Sphingidae	<i>Adhemarius</i>	<i>globifer</i>		(Dyar)
		<i>Aellopos</i>	<i>clavipes</i>		(R. y J.)
		<i>Agrius</i>	<i>cingulatus</i>		(Fabricius)
		<i>Callionima</i>	<i>parce</i>		(Fabricius)
		<i>Cocytius</i>	<i>anteus</i>	<i>hydaspus</i>	(Gram.)
		<i>Cocytius</i>	<i>duponchel</i>		(Poey)
		<i>Enyo</i>	<i>lugubris</i>		(Linnaeus)
		<i>Erinnyis</i>	<i>alope</i>		(Drury)
		<i>Erinnyis</i>	<i>crameri</i>		(Schs.)
		<i>Erinnyis</i>	<i>ello</i>		(Linnaeus)
		<i>Erinnyis</i>	<i>obscura</i>		(Fabricius)
		<i>Erinnyis</i>	<i>oenotrus</i>		(Stoll.)
		<i>Eumorpha</i>	<i>anchemolus</i>		(Cramer)
		<i>Eumorpha</i>	<i>labruscae</i>		(Linnaeus)
		<i>Eumorpha</i>	<i>vitis</i>		(Linnaeus)
		<i>Hyles</i>	<i>lineata</i>		(Fabricius)
		<i>Manduca</i>	<i>ochus</i>		(Klug.)
		<i>Manduca</i>	<i>quinquemaculata</i>		(Haw.)
		<i>Manduca</i>	<i>rustica</i>		(Fabricius)
		<i>Manduca</i>	<i>sesquiple</i>		(Bdv.)

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Manduca</i>	<i>sexta</i>		(Linnaeus)
		<i>Monarda</i>	<i>oryx</i>		Drc.
		<i>Pachylia</i>	<i>ficus</i>		(Linnaeus)
		<i>Pachylioides</i>	<i>resumens</i>		(Wlk.)
		<i>Perigonia</i>	<i>lusca</i>		Fabricius
		<i>Proserpinus</i>	<i>vega</i>		(Dyar)
		<i>Protambulyx</i>	<i>strigilis</i>		(Linnaeus)
		<i>Pseudosphinx</i>	<i>tetrio</i>		(Linnaeus)
		<i>Smerinthus</i>	<i>saliceti</i>		Bdv.
		<i>Sphinx</i>	<i>geminus</i>		R. y J.
		<i>Sphinx</i>	<i>istar</i>		(Rotschild y Jordan)
		<i>Sphinx</i>	<i>leucophaeta</i>		Clem.
		<i>Sphinx</i>	<i>lugens</i>		Walker
		<i>Sphinx</i>	<i>pseudostigmatica</i>		Gehlen
		<i>Sphinx</i>	<i>separata</i>	<i>melaena</i>	(R. y J.)
		<i>Trogolegnum</i>	<i>pseudambulyx</i>		(Bdv.)
		<i>Xylophanes</i>	<i>ceratomioides</i>		(Bdv.)
		<i>Xylophanes</i>	<i>chiron</i>	<i>nechus</i>	(Cramer)
		<i>Xylophanes</i>	<i>falco</i>		(Walker)
		<i>Xylophanes</i>	<i>pluto</i>		(Fabricius)
		<i>Xylophanes</i>	<i>tersa</i>		(Linnaeus)
Orden Mantodea	Mantidae	<i>Mantis</i>	sp.		Linnaeus
Orden Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysopa</i>	<i>carnea</i>		
Orden Odonata	Aeshnidae	<i>Anax</i>	<i>junius</i>		(Drury)
		<i>Rhionaeschna</i>	<i>multicolor</i>		(Hagen)
		<i>Rhionaeschna</i>	<i>psilus</i>		(Calvert)
	Coenagrionidae	<i>Enallagma</i>	<i>praevarum</i>		(Hagen)
		<i>Ischnura</i>	<i>denticollis</i>		(Burmeister)
	Libellulidae	<i>Erythemis</i>	<i>vesiculosa</i>		(Fabricius)
		<i>Erythemis</i>	<i>plebeja</i>		(Burmeister)
		<i>Miathyria</i>	<i>marcella</i>		(Selys in Sagra)
		<i>Micrathyria</i>	sp.		
		<i>Orthemis</i>	<i>ferruginea</i>		(Fabricius)
		<i>Pantala</i>	<i>flavescens</i>		(Fabricius)
		<i>Sympetrum</i>	<i>corruptum</i>		(Hagen)
		<i>Sympetrum</i>	<i>illotum</i>		(Hagen)
		<i>Tramea</i>	<i>onusta</i>		(Hagen)
Orden Orthoptera	Acrididae	<i>Achurum</i>	<i>sumichrasti</i>		Saussure
		<i>Aidemona</i>	<i>azteca</i>		(Saussure)
		<i>Amblytropidia</i>	<i>mysteca</i>		(Saussure)
		<i>Arphia</i>	<i>nietana</i>		Saussure

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Arphia</i>	<i>pallidipennis</i>		Bruner
		<i>Encoptolophus</i>	<i>otomitus</i>		(Saussure)
		<i>Ichthyotettix</i>	<i>mexicanus</i>		(Saussure)
		<i>Melanoplus</i>	<i>gladsoni</i>		Scudder
		<i>Ochetotettix</i>	<i>barreti</i>		(Hancock)
		<i>Opeia</i>	<i>mexicana</i>		Bruner
		<i>Orphulella</i>	<i>tolteca</i>		(Saussure)
		<i>Phoetaliotes</i>	<i>nebrascensis</i>		(Thomas)
		<i>Syrbula</i>	<i>montezuma</i>	<i>eslavae</i>	Rehn
		<i>Trimerotropis</i>	<i>pallidipennis</i>	<i>pallidipennis</i>	(Burmeister)
		<i>Trimerotropis</i>	sp.		
		<i>Xanthippus</i>	<i>corallipes</i>	<i>zapotecus</i>	(Saussure)
	Gryllidae	<i>Oecanthus</i>	<i>californicus</i>		Saussure
		<i>Oecanthus</i>	<i>niveus</i>		(Degeer)
		<i>Gryllus</i>	<i>assimilis</i>		Fabricius
		<i>Miogryllus</i>	sp.		
	Pyrgomorphidae	<i>Sphenarium</i>	<i>purpurascens</i>		Charpentier
	Raphidophoridae	<i>Ceuthophilus</i>	<i>aztecus</i>		Saussure y Pictect
		<i>Ceuthophilus</i>	sp.		
	Tettigoniidae	<i>Conocephalus</i>	sp.		
		<i>Dichopetala</i>	<i>serrifera</i>		Rhen Y Hebrard
	Stenopelmatidae	<i>Stenopelmatus</i>	<i>minor</i>		Saussure
		<i>Stenopelmatus</i>	<i>talpa</i>		Burmeister
		<i>Syntechna</i>	<i>tarasca</i>		(Saussure)
Orden Phasmida	Diapheromeridae	<i>Pseudosermyle</i>	<i>tridens</i>	<i>tridens</i>	(Burmeister)
Orden Siphonaptera	Ceratophyllidae	<i>Jellisonia</i>	<i>hayesi</i>	<i>breviloba</i>	Traub
		<i>Jellisonia</i>	<i>ironsi</i>		Eads
		<i>Pleochaetus</i>	<i>parus</i>		Traub
	Hystrihopsyllidae	<i>Anomiopsyllus</i>	sp.		
		<i>Strepsylla</i>	<i>villai</i>		Traub y Barrera
	Ischnopsyllidae	<i>Myodopsylla</i>	<i>collinsi</i>		Kohls
		<i>Myodopsylla</i>	sp.		
	Pulicidae	<i>Pulex</i>	sp.		
Orden Thysanoptera	Phlaeothripidae	<i>Adraneothrips</i>	<i>fuscicolis</i>		Hood
		<i>Diceratothrips</i>	<i>anahuacensis</i>		Johansen
		<i>Eurythrips</i>	<i>ampliventralis</i>		Hinds
		<i>Gastrothrips</i>	<i>terrestris</i>		(Priesner)
		<i>Holothrips</i>	<i>anahuacensis</i>	sp.	Johansen & Mojica
		<i>Karnyothrips</i>	<i>minimus</i>		(Johansen)
		<i>Leptothisrips</i>	<i>costalimai</i>		(Johansen)
		<i>Leptothisrips</i>	<i>fasciculatus</i>		Crawford

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Leptothrips</i>	<i>larreae</i>		Hood
		<i>Leptothrips</i>	<i>mali</i>		(Fitch)
		<i>Leptothrips</i>	<i>zongolicaensis</i>		(Johansen)
		<i>Oedalothrips</i>	<i>dampfi</i>		(Priesner)
	Thripidae	<i>Bregmatothrips</i>	<i>difficilis</i>		Johansen
		<i>Chirothrips</i>	<i>falsus</i>		Priesner
		<i>Chirothrips</i>	<i>orizaba</i>		Hood
		<i>Exophthalmothrips</i>	<i>chiapaensis</i>		Johansen
		<i>Frankliniella</i>	<i>aurea</i>		Moulton
		<i>Frankliniella</i>	<i>borinquen</i>		Hood
		<i>Frankliniella</i>	<i>brunnea</i>		Priesner
		<i>Frankliniella</i>	<i>californica</i>		Moulton
		<i>Frankliniella</i>	<i>californica</i>	<i>dubia</i>	Moulton
		<i>Frankliniella</i>	<i>californica</i>	<i>trehernei</i>	Morgan
		<i>Frankliniella</i>	<i>curiosa</i>		Priesner
		<i>Frankliniella</i>	<i>dianthi</i>		Moulton
		<i>Frankliniella</i>	<i>exigua</i>		Hood
		<i>Frankliniella</i>	<i>fallaciosa</i>		Priesner
		<i>Frankliniella</i>	<i>fortissima</i>		Priesner
		<i>Frankliniella</i>	<i>gemina</i>		Bagnall
		<i>Frankliniella</i>	<i>gossypiana</i>		Hood
		<i>Frankliniella</i>	<i>ingentissima</i>		Priesner
		<i>Frankliniella</i>	<i>inornata</i>		Moulton
		<i>Frankliniella</i>	<i>inutilis</i>		Priesner
		<i>Frankliniella</i>	<i>inutilis</i>	<i>adadusta</i>	Moulton
		<i>Frankliniella</i>	<i>inutilis</i>	<i>dubiella</i>	Priesner
		<i>Frankliniella</i>	<i>minuta</i>		(Moulton)
		<i>Frankliniella</i>	<i>minuta</i>	<i>luminosa</i>	Moulton
		<i>Frankliniella</i>	<i>molesta</i>		Priesner
		<i>Frankliniella</i>	<i>occidentalis</i>		(Pergande)
		<i>Frankliniella</i>	<i>rostrata</i>		Priesner
		<i>Frankliniella</i>	<i>simplex</i>		Priesner
		<i>Frankliniella</i>	sp.		
		<i>Frankliniella</i>	<i>tolucensis</i>		Watson
		<i>Frankliniella</i>	<i>tridacana</i>		Hood
		<i>Frankliniella</i>	<i>varitibia</i>		Moulton
		<i>Frankliniella</i>	<i>williamsi</i>		Hood
		<i>Isoneurothrips</i>	<i>australis</i>		Bagnall
		<i>Sericothrips</i>	<i>cingulatus</i>		Hinds
		<i>Sericothrips</i>	<i>signifer</i>		Priesner
		<i>Sericothrips</i>	sp. 1		

	Familia	Género	Especie	Subespecie	Autor
		<i>Sericothrips</i>	sp. 2		
		<i>Sericothrips</i>	sp. 3		
		<i>Sericothrips</i>	sp. 4		
		<i>Sericothrips</i>	<i>variabilis</i>		(Beach)
		<i>Thrips</i>	<i>tabaci</i>		Lindeman

Literatura citada y consultada

- ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, F. J., J. CARABIAS-LILLO, J. MEAVE DEL CASTILLO, P. MORENO-CASASOLA, D. NAVAFERNÁNDEZ, F. RODRÍGUEZ-ZAHAR, C. TOVAR-GÓNZALEZ Y A. VALIENTE-BANUET. 1982. Proyecto para la Creación de una Reserva en el Pedregal de San Ángel. Serie Cuadernos de Ecología No. 1. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ANAYA, C.A. 1999. Variación temporal de los niveles de herbivoría de las Compositae de la Reserva del Pedregal de San Ángel México, Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ALTAMIRANO, F. 1895. Informe sobre algunas excursiones a las montañas del Ajusco y Serranía de Las Cruces. Secretaría de Fomento, México.
- ARANGO-GALVÁN, A., L. Q. CUTZ-POOL Y Z. CANO-SANTANA. 2007. Estructura de la comunidad de colémbolos del mantillo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Riqueza, composición y abundancia relativa. *Entomología Mexicana*, **6**: 397-400.
- ARIZMENDI, M. C., A. ESPINOZA, J. F. ORNELAS, A. MORALES, I. ACOSTA, J. MORENO Y L. PÉREZ. 1994. Las plantas polinizadas por colibríes en el Pedregal de San Ángel. Pp. 293-299, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- AYALA-BARAJAS, R., J. C. MORALES-MUCIÑO, N. WILSON, J. E. LLORENTE-BOUSQUETS Y H. E. PONCE-ULLOA. 1988. Catálogo de las pulgas (Insecta: Siphonoptera) 1: Colección Alfredo Barrera. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BARRERA, L. M. 1991. Variación espacial y temporal de *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) y su relación con algunos factores bióticos y abióticos durante la época de floración de *Echeveria gibbiflora* (Oct-88 Feb-89) en la reserva del Pedregal de San Ángel, D.F. Tesis profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BENNETT, R. 1999. Canadian Spider Diversity and Systematics. Newsletter of the Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods), 18 (1). Disponible en http://www.biology.ualberta.ca/bsc/news18_1/spider.htm
- BENREY, B. 1986. Patrones de parasitismo por *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera): Efecto sobre la dinámica poblacional de la mariposa. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BEUTELSPACHER, C. 1971. Polinización en *Opuntia tomentosa* Salm-Dyck y *O. robusta* en el Pedregal de San Ángel. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, **16**: 84-86.
- BEUTELSPACHER, C. 1972. La familia Sphingidae (Insecta: Lepidoptera) en el Pedregal de San Ángel, Distrito Federal, México. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología*, **43**: 17-23.
- BEUTELSPACHER, C. 1973. Evaluación de la familia Sphingidae en el Pedregal de San Ángel, México, D.F. (Insecta, Lepidoptera). *Folia Entomológica Mexicana*, **109**: 25-26.
- BEUTELSPACHER, C. 1980. Mariposas diurnas del Valle de México. L. P. M. M., México.
- BRAILOVSKY, A. H. 1977. Contribución al estudio de los Hemiptera-Heteroptera de México. XII. El género

- Neacoryphus* (Lygaeidae-Lygaeinae) y descripción de 3 nuevas especies. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoológica*, **48**: 97-111.
- BRAVO, M. T. J. 1975. Variación numérica y estacional de algunos Cicadellidae de la zona del *Senecionetum praecosis* del Pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BÚRQUEZ, A., L. E. EGUIARTE Y C. MARTÍNEZ DEL RÍO. 1994. Polinización en el Pedregal de San Ángel, México: *Manfreda brachystachya* y *Mirabilis jalapa*. Pp. 283-291, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BUTZE, J. R. Y G. R. SAMPEDRO. 1979. Sírfidos del Pedregal de San Ángel, México, D.F. (Diptera: Syrphidae). *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoológica*, **50**: 537-552.
- CANO-SANTANA, Z. 1987. Ecología de la relación entre *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae) y sus herbívoros en el Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z. 1994. La Reserva del Pedregal como ecosistema: estructura trófica. Pp. 149-158, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z. 1994. Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófila. Tesis doctoral. Centro de Ecología/Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado del CCH, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z Y K. OYAMA. 1994. Ámbito de hospederos de tres especies de insectos herbívoros de *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae). *Southwestern Entomologist*, **19**: 167-172.
- CANO-SANTANA, Z., I. PISANTY, S. SEGURA, P. E. MENDOZA-HERNÁNDEZ, R. LEÓN-RICO, J. SOBERÓN, E. TOVAR, E. MARTÍNEZ-ROMERO, L. C. RUIZ Y A. MARTÍNEZ-BALLESTÉ. 2006. Ecología, conservación, restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del Pedregal del Xitle. Pp. 203-226, en: Oyama, K. y A. Castillo (eds.). Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México. Universidad Nacional Autónoma de México y Siglo XXI, México.
- CARBAJAL, T. 1975. Estudio ecológico de los insectos que viven en *Wigandia caracasana* H.B.K. de una zona del Pedregal de San Ángel, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CARMONA, D. 2004. Ecología de la relación entre las arañas Thomisidae y las inflorescencias de *Dahlia coccinea* (Asteraceae). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CARRILLO, C. 1995. El Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTELLANOS-VARGAS, I. 2007. Diversidad ortoptológica de la zona sureste de la Ciudad Universitaria (UNAM), México, D.F. *Entomología Mexicana*, **6**: 1291-1297.
- CASTILLO-ARGÜERO, S., G. MONTES-CARTAS, M. A. ROMERO, Y. MARTÍNEZ, P. GUADARRAMA, I. SÁNCHEZ Y O. NÚÑEZ. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F. México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **74**: 51-75.
- CASTILLO-ARGÜERO, S., Y. MARTÍNEZ, M. A. ROMERO, P. GUADARRAMA, O. NÚÑEZ, I. SÁNCHEZ Y J. A. MEAVE. 2007. Reserva ecológica del pedregal de San Ángel: aspectos florísticos y ecológicos. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CHAPMAN, A. D. 2007. Numbers of living species in Australia and the World. Australian Biodiversity Information Services. <http://www.environment.gov.au/biodiversity/abrs/publications/other/species-numbers/03-02-groups-invertebrates.html>
- CRUZ, C. M. 1990. Estudio sobre herbivoría y demografía en *Echeveria gibbiflora* (Crassulaceae), una planta perenne en el Pedregal de San Ángel. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- DE LA MAZA, R., DE LA MAZA, J. Y WHITE, A. 1989. La fauna de mariposas de México Parte I. Papilionoidea (Lepidoptera: Rhopalocera). *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología*, **12**(2): 39-98.
- DOMÍNGUEZ, C. Y J. NÚÑEZ-FARFÁN. 1994. Las mariposas diurnas del Pedregal de San Ángel como vectores de polen. Pp. 313-322, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- FIGUEROA-CASTRO, D. M. 1997. Análisis comparativo de la biología floral de cinco especies de compuestas

- del Pedregal de San Ángel, D.F. México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- FIGUEROA-CASTRO, D. M. Y Z. CANO-SANTANA. 2003. Floral visitor guilds of five allochronic flowering asteraceous species in a xeric community in Central Mexico. *Environmental Entomology* **33**: 297-309.
- FLORES, O. 1978. Hemípteros del Pedregal de San Ángel, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GARCÍA-GARCÍA, P. L. 2004. Desempeño y ecología alimentaria de *Acronyctodes mexicanaria* (Lepidoptera: Geometridae) sobre *Buddleia cordata* (Loganiaceae) de distinto sexo. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GARCÍA, M. R. 1976. Polinización de *Solanum rostratum* Dunal (Solanaceae) en el Pedregal de San Ángel, D.F., México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GONZÁLEZ-SANTILLÁN, E. 2001. Catálogo de escorpiones de la Colección Nacional de Arácnidos (CNAN). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GONZÁLEZ-SORIANO, E. Y H. C. P. BARBA M. 2007. Libélulas. Pp.133-160, en: Lot, A. (coord.). Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GUTIÉRREZ, L. J. 1981. Ciclo de vida y hábitos de *Enagria ovata* (Boheman) (Coleoptera-Chrysomelidae) en una zona del Pedregal de San Ángel, D.F., México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- HARSHBERGER, J. W. 1898 Botanical observations on the mexican flora, especially on the flora of the valley of Mexico. Proceedings of Academical National Science and Philosophy, p.372.
- HINOJOSA-DÍAZ, I. A. 1996. Estudio faunístico de las abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) del Pedregal de San Ángel, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- IBARRA-NÚÑEZ, G. 1979. Las arañas Labidognatha de la parte norte del Pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- JANSSENS, F. 2008. Checklist of the Collembola of the world. <http://www.collembola.org/>
- JOHANSEN, R. M. 1971. Geométridos del Pedregal de San Ángel D.F, con datos morfológicos y ecológicos, Insecta, Lepidoptera: Geometridae. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- JOHANSEN, R. M. Y A. M. MOJICA. 1993. Nuevos thrips tubulíferos (Insecta:Thysanoptera) de México. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología*, **64**: 17-37.
- JUÁREZ-OROZCO, S. M. 2005. Efectos del fuego y la herbivoría sobre la biomasa aérea del estrato herbáceo de la Reserva del Pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- KATTHAIN-DUCHATEAU, G. 1971. Estudio taxonómico y datos ecológicos de especies del suborden Rhopalocera (Insecta, Lepidoptera) en una área del Pedregal de San Ángel, D.F., México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- KATTHAIN-DUCHATEAU, G. Y L. VÁZQUEZ. 1973. Algunas observaciones taxonómicas y biológicas de Rhopalocera (Lepidoptera) en una zona de Senecioetum del Pedregal. *Folia Entomológica Mexicana*, **25-26**: 106-109.
- LABORATORIO DE ACAROLOGÍA, FACULTAD DE CIENCIAS E INSTITUTO DE BIOLOGÍA. 1993. Las Colecciones de artrópodos de Anita Hoffmann. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- LECHUGA, N. R. 1971. Estudio ecológico de los insectos de *Senecio praecox* D.C. en el Pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- LECHUGA, N. R. Y L. VÁZQUEZ. 1973. Estudio ecológico de los insectos que habitan en *Senecio praecox* en el Pedregal de San Ángel. *Folia Entomológica Mexicana*, **25-26**: 105-106.
- LLORENTE-BOUSQUETS, J. E., L. OÑATE-OCAÑA, A. LUIS-MARTÍNEZ E I. VARGAS-FERNÁNDEZ. 1997. Papilionidae y Pieridae de México: Distribución geográfica e ilustración. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- LOCHT, A., R. MEDINA, R. ROJO E I. VÁZQUEZ. 2005. Una nueva especie de tarántula del género *Aphonopelma* Pocock 1901 (Araneae, Theraphosidae, Theraphosi-

- nae) de México con notas sobre el género *Brachypelma* Simon 1891. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, **37**: 105-108.
- LUIS-MARTÍNEZ, A., J. LLORENTE-BOUSQUETS Y I. VARGAS-FERNÁNDEZ. 2003. Nymphalidae de México I (Danainae, Apaturinae, Biblidinae y Heliconiinae): Distribución geográfica e ilustración. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MÁRQUEZ-MAYAUDÓN, C. 1968. Contribución al estudio de los ortópteros de México. IV. Ortópteros del Pedregal de San Ángel, Villa Obregón, D.F. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología*, **39**: 107-112.
- MARTÍNEZ DEL RÍO, C. 1984. Polinización de *Mirabilis jalapa* L. en el Pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MARTÍNEZ-JASSO, C. 2002. Ecología e historia natural de *Neoscona oaxacensis* (Araneae: Araneidae) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, México: selección de hábitat y análisis poblacional. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MAYORGA, C. Y M. S. TORRES. 2007. Insectos: Una introducción a la entomofauna. Pp. 123-132, en: Lot, A. (coord.). Guía Ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MENDIETA, M. C. 1981. Contribución al conocimiento de los trips (Insecta: Thysanoptera), del Pedregal de San Ángel, México, D.F. con datos sistemáticos y ecológicos. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MONCAYO, J. J. 1983. Noctuidos del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- NEGRETE Y., A. Y J. SOBERÓN. 1994. Los mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica El Pedregal de San Ángel. Pp. 219-228, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- NÚÑEZ-FARFÁN, J., R. A. CABRALES-VARGAS Y J. GONZÁLEZ-ASTORGA. 1994. Estudios de ecología evolutiva en plantas herbáceas del Pedregal de San Ángel. Pp. 159-175, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- O'CONNOR, B. 2006. Acari Systematics. University of Michigan Museum of Zoology. <http://insects.ummz.lsa.umich.edu/ACARI/index.html>
- OYAMA, K., Z., CANO-SANTANA Y S. CAREAGA. 1994. Estudios sobre la interacción herbívoro-planta en el Pedregal de San Ángel, D.F. Pp. 301-311, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- PALACIOS-VARGAS, J. 1981. Note on Collembola of Pedregal de San Angel, Mexico. *Entomological News*, **92**: 42-44.
- PAREDES-LEÓN, R., G. MONTIEL-PARRA Y T. PÉREZ. 2007. Ácaros asociados a aves y reptiles de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Presentado en la II Semana de la REPSA. Marzo, 2007.
- PÉREZ-ESTRADA, L., Z. CANO-SANTANA Y K. OYAMA. 2000. Variation in leaf trichomes of *Wigandia urens*: Environmental factors and physiological consequences. *Tree Physiology*, **20**: 629-632.
- REPSA, Portal de la Reserva Ecológica Pedregal de San Ángel (en línea). 2007. Disponible en: http://www.cicctic.unam.mx:31101/reserva_ecologica; www.repsa.unam.mx
- REPSA, RESERVA ECOLÓGICA DEL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL DE CIUDAD UNIVERSITARIA. 2006. Reglamento Interno, Lineamientos y Acuerdo. Secretaría Ejecutiva, REPSA, Coordinación de la Investigación Científica. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RIOS-CASANOVA, L. 1993. Análisis espacial y temporal de la comunidad de artrópodos epífitos del Pedregal de San Ángel, D.F. México, Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RIOS-CASANOVA, L. Y Z. CANO-SANTANA. 1994. Análisis cuantitativo de los artrópodos epífitos del Pedregal de San Ángel. Pp. 275-281, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ROJO, A. (COMP.). 1994. Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- RZEDOWSKI, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, **8**: 59-129.
- SÁNCHEZ-HERRERA, O. 1980. Herpetofauna of the Pedregal de San Angel, México D.F. *Bulletin Maryland Herpetological*, **16**: 9-18.
- SANDOVAL-GONZÁLEZ, I. 2006. Variación estacional y espacial en la colonización por hongos micorrizogénicos arbusculares en algunas especies vegetales de la Reserva del Pedregal de San Ángel D.F. México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- SIEBE, C. 2000. Age and archaeological implications of Xitle volcano, southwestern Basin of Mexico-City. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **104**: 45-64.
- SOBERÓN, J., M. C. ROSAS Y C. G. JIMÉNEZ. 1991. Ecología hipotética de la reserva del Pedregal de San Ángel. *Ciencia y Desarrollo*, **17**: 25-38.
- VALIENTE-BANUET, A Y E. DE LUNA. 1990. Una lista florística actualizada para la Reserva del Pedregal de San Ángel. México. *Acta Botanica Mexicana*, **9**: 13-30.
- VÁZQUEZ, L. 1936. Insectos nocivos a los tepozanes del Centro de México. Tesis profesional. Facultad de Filosofía y Estudios Superiores, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- VÁZQUEZ, L. 1973. Estudios sobre algunos aspectos taxonómicos y ecológicos de insectos del Pedregal de San Ángel, D.F., México. *Folia Entomológica Mexicana*, **25-26**: 102-104.
- VILLALOBOS, J. L., C. ENRÍQUEZ, A. BOTELLO Y F. ÁLVAREZ. 2007. Crustáceos. Pp. 161-178, en: Lot, A. (coord.). Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- YAÑEZ, O. 1997 Biología de *Lithurge cockerell* (*Lithurgopsis*) *littoralis* 1917 (Apoidea: Megachilidae) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. México, Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Zaragoza, S. 1963. Estudio de coleópteros del Pedregal de San Ángel, D.F. (Familia Chrysomelidae). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Microartrópodos edáficos

José G. Palacios-Vargas, Blanca E. Mejía-Recamier y Leopoldo Q. Cutz-Pool

Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos,
Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de México
jgpv@hp.fciencias.unam.mx

Introducción

El suelo es la parte del ecosistema en donde se lleva a cabo el reciclaje de la materia orgánica y los nutrimentos, y también puede servir de reserva de fuentes de energía. Todos los organismos vivos, tarde o temprano llegan al suelo, en donde pueden permanecer desde unas horas, hasta días, meses o años, dependiendo del clima y el tipo de suelo. Dentro de los elementos orgánicos del suelo, se tienen bacterias, hongos, así como elementos de origen vegetal y animal. El material blando, tanto de origen animal como vegetal, puede ser degradado fácilmente por la microflora del suelo, pero los tejidos de mayor estabilidad química requieren de la participación tanto de la microflora como de la fauna edáfica para llevar a cabo la degradación. La participación de los artrópodos del suelo en los procesos de descomposición de la materia orgánica puede ser de varias maneras: (1) desintegran los tejidos animales y vegetales, incrementando la superficie disponible para el ataque de microorganismos, como bacterias y hongos; (2) transforman los residuos vegetales en sustancias húmicas y forman agregados complejos de materia orgánica con la parte mineral del suelo; (3) mezclan y airean el suelo, con lo cual se dispersan las fracciones orgánica y mineral; y (4) regulan el proceso de mineralización y humificación, evitando la fuga de materia orgánica y nutrientes.

Uno de los componentes de la fauna edáfica son los microartrópodos, que en este trabajo se definen como todos aquellos artrópodos del suelo que tienen menos

de 2 mm de longitud, entre los que se encuentran principalmente a los ácaros y a los colémbolos (Fountain y Hopkin, 2004; Palacios-Vargas *et al.*, 2004).

El objetivo de este trabajo es dar a conocer los aspectos biológicos y taxonómicos generales de los microartrópodos edáficos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (la cual será referida en lo sucesivo como Reserva).

Los ácaros

Los ácaros son artrópodos que miden entre 150 y 1500 μm , aunque la mayoría tiene entre 300 y 700 μm , y sólo algunos pueden exceder los 4 mm. Representan el grupo de quelicerados más rico en especies y más abundante. Según los cálculos de Hoffmann y López-Campos (2000), en México se conocen 2,343 especies pertenecientes a 809 géneros y 264 familias. Sus hábitos alimentarios son muy variados (Hoffmann y López-Campos 2000) y se les puede encontrar en diferentes tipos de suelo (Palacios-Vargas y Ojeda-Carrasco 1982; Palacios-Vargas e Iglesias, 2004). Constituyen un importante componente numérico de la mesofauna en la gran mayoría de los suelos, y pueden alcanzar densidades de miles de individuos por m^2 (Schatz y Behan-Pelletier 2008). Se les puede encontrar ampliamente distribuidos en el todo el mundo, en hábitats acuáticos tanto en agua dulce como salobre (Schatz y Behan-Pelletier 2008), o bien en medios terrestres como cuevas, galerías, sobre plantas epífitas, musgos, líquenes, hojarasca, humus y diversos tipos de

suelo. Sin embargo, es en el suelo, la hojarasca y el humus donde alcanzan su mayor abundancia y diversidad, debido a que es en estos medios donde se presenta una mayor cantidad de materia orgánica en descomposición y se tienen los factores abióticos de temperatura y humedad idóneos.

Los colémbolos

Los colémbolos son pequeños hexápodos que miden menos de 2 mm de longitud, son comunes y abundantes en diferentes microhábitats, y con frecuencia se registran densidades hasta de más de 100,000 ind./m² (Hopkin, 1997, 2002a). Su alta capacidad de dispersión les ha permitido conquistar diferentes ambientes con climas extremos tales como los desiertos y las regiones polares (Hopkin, 2002b), así como también las zonas tropicales y templadas. Otros microambientes en los que los encontramos son: suelo, hojarasca, musgo, corteza, guano, epífitas y los suelos suspendidos en el dosel de los bosques (Palacios-Vargas 1997; Hopkin, 1998; Palacios-Vargas *et al.* 2000). Se conocen alrededor de 8,000 especies que se distribuyen ampliamente en el mundo (Deharveng *et al.*, 2008; Janssens 2008), ya que tienen gran capacidad para ocupar diversos hábitats, algunos en los cuales son extremadamente abundantes (Hopkin 1998, 2002a). En México se tienen registros de 714 especies de colémbolos ubicadas en poco más de 107 géneros y 22 familias (Palacios-Vargas *et al.* 2004, 2007; Castaño-Meneses, 2005). Del total de colémbolos representados, las familias Hypogastruridae, Neanuridae, Onychiuridae, Isotomidae y Entomobryidae son las más diversas en el país y las de menor riqueza son Actaletidae, Tomoceridae, Oncopoduridae, Isotogastruridae y Neelidae (Palacios-Vargas *et al.* 2000, 2004). Algunos sitios que registran alta riqueza de especies en México son: la selva mediana subperennifolia de Noh-Bec, Q. Roo (107 especies; Cutz-Pool *et al.*, 2003), la selva baja inundable de la reserva de la biosfera de Sian Ka'an, Q. Roo (79; Vázquez y Palacios-Vargas, 2004), la selva baja caducifolia de la Estación Biológica Chamela, Jalisco (64; Palacios-Vargas y Gómez-Anaya, 1993), y la selva tropical húmeda de Chiapas (43 especies; Palacios-Vargas, 2003).

Los microartrópodos de la Reserva del Pedregal

Los colémbolos

Existen pocos estudios sobre la fauna colembológica de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, entre los que destacan el de Palacios-Vargas (1981) y Palacios-Vargas y Vidal-Acosta (1994) que versan sobre los aspectos taxonómicos, Cutz-Pool *et al.* (2006), por su parte, se refieren a la biodiversidad de artrópodos edáficos, en tanto que el de Arango-Galván *et al.* (2007) analiza algunos aspectos de la ecología de los colémbolos.

Se conocen 55 especies de colémbolos en diversos ambientes de la Reserva, algunas de ellas han sido descritas originalmente con material proveniente de la misma zona (Tabla 1). Ellas representan el 48% del total de lo que se conocen para el Distrito Federal (115 especies) (Arango-Galván *et al.*, 2007). De manera comparativa, la riqueza de los colémbolos de acuerdo al biotopo, la hojarasca es la que presenta un mayor número de especies (35) (Tabla 1).

Las especies que se citan para el Pedregal viven en una gran diversidad de hábitats, sin embargo, se han encontrado principalmente en la hojarasca y composta en la mayoría de los casos, suelo, corteza, tronco en descomposición y en macetas. Las familias Hypogastruridae y Entomobryidae con sus géneros *Xenylla* y *Entomobrya* son las más diversas en la Reserva. Los colémbolos están muy bien representados en este sitio, sin embargo, muchos de ellos, como *Ceratophysella denticulata* (Hypogastruridae) (Fig. 1) y *Megalothorax minimus* (Neelidae) (Fig. 2) se encuentran registrados de más del 50% de los estados del país y otros, como *Pseudachorutes simplex* (Neanuridae) (Fig. 3) y *Entomobrya atrocincta* (Entomobryidae) (Fig. 4) están ampliamente distribuidos en la República Mexicana. Algunas especies son claramente euedáficas como *Protaphorura armata* (Onychiuridae) (Fig. 5) y *Sphaeridia pumilis* (Fig. 6), mientras que otras son epiedáficas: *Pogonognathellus flavescens* (Tomoceridae) (Fig. 7), *Neosminthurus clavatus* (Sminthuridae) (Fig. 8), *Sminthurinus elegans* (Katiannidae) (Fig. 9) y *Ptenothrix marmorata* (Dicyrtomidae) (Fig. 10).

Tabla 1. Lista de Collembola del Pedregal de San Ángel y los biotopos en los que se registran. H: hojarasca; S: suelo; Com: composta; Cor: corteza; T.D: tronco en descomposición; M: maceta.

	H	S	Com	Cor	TD	M
<i>Hypogastrura assimilis</i>			*			
<i>Ceratophysella denticulata</i>	*		*			
<i>Schoettella distincta</i>	*					
<i>Xenylla boernerii</i>	*					
<i>X. ca. boernerii</i>	*					
<i>X. christianseni</i>	*					
<i>X. grisea</i>	*					
<i>X. humicola</i>	*					
<i>X. wilsoni</i>	*					
<i>Brachystomella gabrielae</i>			*			
<i>B. parvula</i>	*					
<i>B. taxcoana</i>			*			
<i>Friesea xitlensis</i>	*	*				
<i>Pseudachorutes simplex</i>	*					
<i>Protaphorura armata</i>	*	*				
<i>Onychiurus folsomi</i>						*
<i>Mesaphorura florum</i>			*			
<i>M. krausbaueri</i>	*					
<i>F. angularis</i>	*					
<i>F. parvulus</i>	*					
<i>Ballistura laticauda</i>			*			
<i>Cryptopygus thermophilus</i>			*			
<i>Folsomia stella</i>			*			
<i>Isotomurus ca. cibus</i>	*					
<i>I. palustres</i>			*			
<i>Isotomurus sp.</i>	*					
<i>Isotoma sp.</i>	*					
<i>Isotomiella minor</i>	*					
<i>Parisotoma notabilis</i>	*		*			
<i>P. tariva</i>			*			
<i>Desoria uniens</i>			*			
<i>Orchesella ca. zebra</i>	*					
<i>Entomobrya sp.</i>				*		
<i>E. atrocincta</i>	*					
<i>E. ligata</i>			*			
<i>E. ca. senilloides</i>	*					
<i>E. triangularis</i>	*		*			
<i>Americabrya sp.</i>					*	

	H	S	Com	Cor	TD	M
<i>Seira</i> sp.		*				
<i>Pseudosinella</i> ca. <i>aera</i>	*					
<i>P.</i> ca. <i>sexoculata</i>	*					
<i>Pogonognathellus flavescens</i>	*					
<i>Sphaeridia pumilis</i>	*					
<i>S. serrata</i>	*					
<i>Arrhopalites</i> ca. <i>benitus</i>	*					
<i>A.</i> ca. <i>diversus</i>					*	
<i>Collophora quadriculata</i>	*					
<i>Sminthurinus elegans</i>	*					
<i>S. latimaculosus</i>			*			
<i>Ptenothrix marmorata</i>	*					
<i>Sminthurus bucheri</i>	*					
<i>Sphyroteca</i> ca. <i>confusa</i>	*					
<i>Neosminthurus clavatus</i>	*					
<i>Megalothorax minimus</i>			*			
<i>M. tristani</i>			*			
No. de especies	36	3	17	1	2	1



FIG. 1. *Ceratophysella denticulata* (Hypogastruridae). 2005 © Brocklehurst, K. Foto tomada de Janssens (2008).



FIG. 2. *Megalothorax minimus* (Neelidae). 2006 ©Hall, K. Foto tomada de Janssens (2008).



FIG. 3. *Pseudachorutes simplex* (Neanuridae). 2006 ©Bernard, E. C. Foto tomada de Janssens (2008).



FIG. 4. *Entomobrya atrocincta* (Entomobryidae). 2007 © Murray, T. Foto tomada de Janssens 2008



FIG. 5. *Protaphorura armata* (Onychiuridae). 2005 © Hall, K. Foto tomada de Janssens (2008).



FIG. 6. *Sphaeridia pumilis* (Sminthuridae). 2007 ©Salehian, S., Beladjal, L. & Mertens, J. Foto tomada de Janssens (2008).



FIG. 7. *Pogonognathellus flavescens* (Tomoceridae). 2007 © Murray, T. Foto tomada de Janssens (2008).



FIG. 8. *Neosminthurus clavatus* (Sminthuridae). 2008 © Gross, J. Foto tomada de Janssens 2008



FIG. 9. *Sminthurus elegans* (Katiannidae). 2004 © Baquero, E. Foto tomada de Janssens (2008).



FIG. 10. *Ptenothrix marmorata* (Dicyrtomidae). 2007 © McClarin, J. Foto tomada de Janssens (2008).

Los ácaros

Se han registrado siete especies de ácaros hasta la fecha (ver Apéndice 1). Una perteneciente a los mesostigmados, tres a los prostigmados y tres de los criptostigmados.

En particular, dentro de los ácaros depredadores, son comunes en el Pedregal de San Ángel los Mesostigmata de la familia Podocinidae y la especie que ha sido registrada es *Podocinum pacificum* (Fig. 11). Los ácaros oribátidos son muy abundantes, sin embargo sólo se han registrado dos especies: *Rhysotritia ardua* (Euphthiracaridae) (Fig. 12), que tiene una amplia distribución en el país, y *Scapheremaeus grahamius* (Cymbaeremaeidae) (Fig. 13), que fue descrita de musgos sobre rocas (Ríos y Palacios-Vargas, 1998).

Discusión

Las cifras antes mencionadas en los resultados, señalan a la fauna de colémbolos de la Reserva menor al 50% de lo que se conoce en el D. F. (115 especies; Arango-Galván et al. 2007), y respecto al conocimiento de los ácaros edáficos, es aún mucho más insignificante, si consideramos que es uno de los órdenes de microartrópodos más abundantes y diversos en el suelo, pues tan solo para los mesostigmados, prostigmados y cryptostigmados se

conocen aproximadamente 80, 85 y 45 especies, respectivamente en el D. F. (Hoffmann y López-Campos 2000; Palacios-Vargas e Iglesias 2004). Trabajos como los de Palacios-Vargas (1981), Arango-Galván et al. (2007) y Cutz-Pool (2008), que reportan colémbolos del suelo, de la hojarasca y de la composta, respectivamente, nos indican que faltaría por muestrear otros biotopos como los musgos, los troncos en descomposición, las epifitas, las madrigueras de roedores y las cuevas para tener un mejor conocimiento sobre sus habitantes microartrópodos (ácaros y colémbolos).

Lo señalado con anterioridad nos indica que la Reserva puede tener un gran potencial en cuanto a la riqueza de especies de microartrópodos, pues tan sólo con tres trabajos se incrementó en 55 especies conocidas de colémbolos y faltarían por estudiar otros biotopos en donde se pueden encontrar más especies de colémbolos y de ácaros, por lo que la reserva por sí misma, funcionaria como reservorio de biodiversidad, principalmente de microartrópodos. De esta forma, se requiere realizar investigaciones futuras y explotar más los ambientes con el fin de conocer y ampliar los inventarios de los micrartrópodos.

Apéndice 1. Lista de ácaros del Pedregal de San Ángel. Se ofrece la referencia en la que ha sido citada cada especie.

MESOSTIGMATA

Podocinidae

Podocinum pacificum ex suelo (Palacios-Vargas & Ojeda, 1982)

PROSTIGMATA

Bdellidae

Bdella longicornis ex hojarasca del Pinetum (Mejía-Recamier, 1986)

Cyta latirostris ex hojarasca (Mejía-Recamier, 1986)

Anystidae ex vegetación (Rios-Casanova y Cano-Santana, 1994)

CRYPTOSTIGMATA

Euphthiracaridae

Rhysotritia ardua ex Senecionetum praecox (Ojeda, 1983)

Cymbaeremaeidae

Scarapheremaeus grahamius musgo sobre roca

(Ríos y Palacios-Vargas, 1998)

Mochlozetidae ex *Muhlenbergia robusta*

(Rios-Casanova y Cano-Santana, 1994)



FIG. 11. *Podocinum pacificum* (Podocinidae).

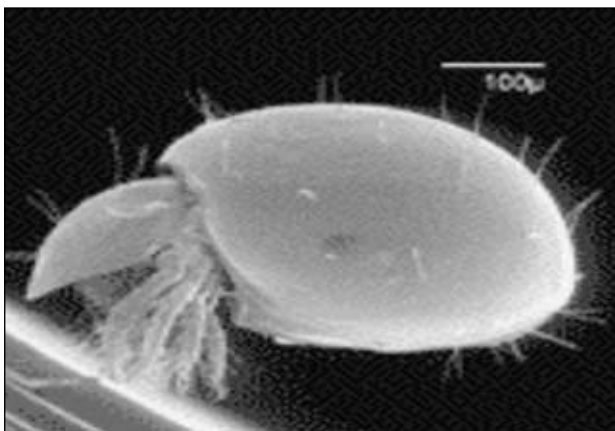


FIG. 12. *Rhysotritia ardua* (Euphthiracaridae). Foto tomada de Behan-Pelletier.



FIG. 13. *Scarapheremaeus grahamius* (Cymbaeremaeidae).

Agradecimientos

La Dra. Gabriela Castaño Meneses y el M. en C. Ricardo Iglesias revisaron el manuscrito y dieron importantes comentarios y sugerencias.

Literatura citada

- ARANGO-GALVÁN, A., L. Q. CUTZ-POOL Y Z. CANO-SANTANA. 2007. Estructura de la comunidad de colémbolos del mantillo de la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel: riqueza, composición y abundancia relativa. *Entomología Mexicana*, **6**: 397-400
- CASTAÑO-MENESES, G. 2005. Catálogo de los colémbolos (Hexapoda: Collembola) de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. (Reseña). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **108**: 107-108
- CUTZ-POOL, L. Q., J. G. PALACIOS-VARGAS Y M. M. VÁZQUEZ. 2003. Comparación de algunos aspectos ecológicos de Collembola en cuatro asociaciones vegetales de Noh-Bec, Quintana Roo, México. *Folia Entomológica Mexicana*, **42**: 91-101
- CUTZ-POOL, L. Q., A. BERNAL-ROJAS, A. GARCÍA-GÓMEZ Y A. DOMÍNGUEZ-ÁLVAREZ. 2006. Estudio comparativo de la artropodofauna edáfica en la cementera y la Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria, UNAM, México. *Entomología Mexicana*, **5**: 20-24
- CUTZ-POOL, L. Q. 2008. Primeros registros sobre colémbolos de composta en México. *Entomología Mexicana*, **7**: 808-812
- DEHARVENG, L., C. A. D'HAESE Y A. BEDOS. 2008. Global diversity of springtails (Collembola; Hexapoda) in freshwater. *Hydrobiologia*, **595**: 329-338
- FOUNTAIN, M. T. Y S. P. HOPKIN. 2004. Biodiversity of Collembola in urban soils and the use of *Folsomia candida* to assess soil "Quality". *Ecotoxicology*, **13**: 555-572
- HOFFMANN, A. Y G. LÓPEZ-CAMPOS. 2000. Biodiversidad de los ácaros en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- HOPKIN, S. P. 1997. Biology of the springtails (Insecta: Collembola). Oxford University Press, Oxford.
- HOPKIN, S. P. 1998. Collembola: The most abundant insects on earth. *Antennae*, **22**: 117-121.
- HOPKIN, S. P. 2002a. The biology of the Collembola (Springtails): The abundant insects in the world. www.fathom.com/feature/122603. 27 de septiembre de 2007.
- HOPKIN, S. P. 2002b. Collembola. *Encyclopedia of Soil Science*, **2002**: 207-210.
- JANSSENS, F. 2008. <http://www.collembola.org/>. Consulta: 6 de noviembre de 2008.
- MEJÍA-RECAMIER, B. E. 1986. Sistemática, distribución geográfica y aspectos ecológicos de los Bdellidae (Acarida: Prostigmata) mexicanos. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- OJEDA CARRASCO, M. 1983. Contribución al conocimiento de los Ptyctimina (Acarida: Oribatei) neotropicales. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. 1981. Note on Collembola of Pedregal de San Ángel, México, D.F. *Entomological News*, **92**: 42-44.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. 1997. Catálogo de los Collembola de México. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. 2003. Los microartrópodos (Collembola) de la selva tropical húmeda. Pp. 217-225, en: Álvarez-Sánchez, J. y E. Naranjo-García (eds.). Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México. Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto de Ecología, A.C., México.
- PALACIOS-VARGAS, J. G., G. Castaño Meneses y B.E. Mejía-Recamier. 2000. Collembola. Pp. 249-273, en: J. Llorente-Bousquets, E. González Soriano y N. Pappavero. (eds.) Biodiversidad, Taxonomía y biogeografía de Artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. II, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- PALACIOS-VARGAS, J. G. Y J. A. GÓMEZ-ANAYA. 1993. Los Collembola (Hexapoda: Apterygota) de Chamela, Jalisco, México (distribución, ecología y claves). *Folia Entomológica Mexicana*, **89**: 1-34
- PALACIOS-VARGAS, J. G. Y R. IGLESIAS. 2004. Oribatei (Acarida: Cryptostigmata) de México. Pp. 431-468, en: J. Llorente-Bousquets y J. J. Morrone. (eds.) Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. IV. Universidad Nacional Autónoma de México, México
- PALACIOS-VARGAS, J. G. Y M. OJEDA-CARRASCO. 1982. Revisión de algunos Podocinidae (Acarida: Mesostigmata). *Folia Entomológica Mexicana*, **54**: 106-107
- PALACIOS-VARGAS, J. G. Y M. V. VIDAL-ACOSTA. 1994. Nuevas especies de *Friesea* (Collembola: Neanuridae) de reserva biológicas de México. *Southwestern Entomologist*, **19**: 291-299
- PALACIOS-VARGAS, J. G., L. Q. CUTZ-POOL Y D. A. ESTRADA-BARCENAS. 2007. Collembola. Pp. 113-126, en: Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Las Prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- PALACIOS-VARGAS, J. G., D. A. ESTRADA-BARCENAS Y J. PANIAGUA. 2004. Collembola. Pp. 271-281, en: Luna, I. y J. J. Morrone (eds.). Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. Las Prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RIOS-CASANOVA, L. Y Z. CANO-SANTANA. 1994. Análisis cuantitativo de los artrópodos epifitos del Pedregal de San Ángel, Pp. 275-281, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RÍOS S., G. A. Y J. G. PALACIOS-VARGAS. 1998. Especies nuevas de *Scapheremaeus* (Acari: Oribatei: Cymbaeremaeidae) de México. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, **69**: 181-215
- VÁZQUEZ, M. M. Y J. G. PALACIOS-VARGAS. 2004. Catálogo de los colémbolos (Hexapoda: Collembola) de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Universidad de Quintana Roo y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- SCHATZ, H. Y V. M. BEHAN-PELLETIER. 2008. Global diversity of oribatids (Oribatida: Acari: Arachnida). *Hydrobiologia*, **595**: 323-328

Libélulas

Enrique González-Soriano y Helga C. P. Barba Medina

Departamento de Zoología, Instituto de Biología,

Universidad Nacional Autónoma de México

esoriano@biologia.unam.mx

Introducción

Las libélulas (Odonata) son un grupo de insectos acuáticos, hemimetábolos, que han colonizado la mayoría de los cuerpos de agua dulce del mundo y se les encuentra en prácticamente todas las regiones del planeta, excepto en los polos.

Generalmente viven en altitudes moderadas que van desde el nivel del mar hasta los 2500-3000 m, y excepcionalmente se les ha encontrado hasta 5000 m o más (Corbet, 1999). Son insectos depredadores tanto en su estado inmaduro como en su estado adulto. Se alimentan de una gran variedad de organismos, tanto en el agua como en el medio terrestre. Las presas de los adultos, que por lo general son otros insectos, son capturadas durante el vuelo (Sherk, 1978); sin embargo, otras pueden inclusive tomar a las presas directamente del sustrato como ocurre en varias especies de zigópteros (Fincke, 1984). A los estados inmaduros se les conoce con el nombre de náyades, aunque en países anglosajones se les denominan larvas, con la salvedad de que durante el desarrollo larval las libélulas, a diferencia de otros insectos holometábolos, no presentan una fase de pupa. En este capítulo utilizaremos el término de larva sólo de manera convencional.

Las libélulas se reproducen en una gran variedad de cuerpos de agua dulce, principalmente en arroyos, ríos, estanques temporales y permanentes, lagos y lagunas, algunas inclusive son tolerantes a vivir en aguas salobres (Pritchard, 1991), otras, utilizan lugares muy

especializados para depositar sus huevos como por ejemplo, el agua que se acumula en diferentes plantas que actúan como reservorios (fitotelmata), como los bambúes, los huecos de los árboles y algunas plantas epifitas (Fincke, 1994; Corbet, 1999). Las menos viven en ambientes semiterrestres o terrestres en sitios con una elevada humedad (Corbet 1999). Como juveniles pasan por un período variable de tiempo dentro del agua. Una vez que la larva ha completado su ciclo, emerge del agua adhiriéndose a una gran variedad de sustratos para efectuar la última muda. Los adultos recién emergidos o “tenerales” presentan el cuerpo blando y no tienen la coloración definitiva del adulto maduro ni sus gónadas completamente desarrolladas. Después de pasar por un periodo variable de tiempo lejos del agua, los adultos sexualmente maduros regresan a ésta para reproducirse. Los machos de varias especies muestran una conducta territorial, en donde cada individuo defiende áreas exclusivas desde donde tiene acceso a las hembras que acuden con el propósito de ovipositar. Regularmente éstas acuden al agua para copular y ovipositar, aunque pasan menos tiempo sobre la misma que los machos, pues luego de copular y ovipositar, regresan a la vegetación a madurar otro paquete de huevos. La cópula es única en estos insectos por la forma en la que el poro genital y el aparato intromitente se encuentran disociados en el macho. El poro genital se ubica en el esterno del noveno segmento abdominal, mientras que el aparato copulador se ubica entre el segundo y tercer esternito abdominal. Por este motivo, durante la cópula la hembra tiene que dirigir su abdomen hacia delante y hacia arriba y colocar su abertura genital (localizada en

el noveno segmento abdominal) en yuxtaposición con el esterno del segundo segmento del macho, formando una posición característica de corazón. La oviposición en la mayoría de las especies se presenta casi inmediatamente después de la cópula y puede ser de tres tipos: exofítica, cuando las hembras liberan masas de huevos directamente en el agua (pues en estas especies éstas carecen de ovipositor); endofítica, cuando las hembras introducen por medio de un ovipositor los huevos dentro del tejido de las plantas; y epifítica, cuando adhieren masas de huevos a la superficie de las plantas (González-Soriano, 1987).

Las libélulas son uno de los grupos de insectos mejor estudiados en lo que respecta a su taxonomía. Para México se ha informado que existen alrededor de 349 especies que representan alrededor de 6.3% del total mundial estimado (5547 especies) (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez, 2007). Para el caso del Distrito Federal no existen a la fecha inventarios actualizados del estatus de estos insectos para dicha entidad federativa, y aunque históricamente se menciona la presencia de alrededor de 40 especies para la región (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007), algunos de estos registros provienen de recolectas realizadas hace ya muchos años (Mendoza-Trejo y González-Soriano 1989, 1999), por lo que ciertas especies podrían ya no existir en esta entidad debido a la desaparición de sus hábitats naturales (González-Soriano y Barba-Medina, 2007).

La entomofauna de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) ha sido escasamente estudiada, salvo para algunos grupos (ver, p. ej., Zaragoza, 1966; Márquez, 1968; Girón, 1987; Katthain, 1971; Lechuga, 1971; Palacios-Vargas, 1981). Para el caso de Odonata un estudio reciente en la Cantera Oriente de la REPSA señala la presencia de 14 especies en este sitio (González-Soriano y Barba-Medina, 2007). En este capítulo presentamos un listado (basado en recolectas actuales y en registros históricos) de las especies que se encuentran en la REPSA o que potencialmente pueden ocurrir allí, y mencionaremos algunos aspectos de la historia natural de algunas de ellas, en especial de la conducta reproductiva de las especies más abundantes.

El listado se basa principalmente en la revisión del material depositado en la sección de Odonata de la Colección Nacional de Insectos del Instituto de Biología (CNIN). Además, se incluye información de recolectas

y observaciones llevadas a cabo en la Cantera Oriente entre octubre de 2006 y agosto de 2007. Los datos sobre historia natural incluidos en este capítulo provienen principalmente del estudio realizado en la Cantera y de observaciones aisladas realizadas en otras épocas del año. De algunas especies, sólo se tienen registros visuales ya que fue posible reconocerlas sin necesidad de recolectarlas.

Resultados

Como resultado de las recolectas de 2006-2007, del material depositado en la CNIN y de observaciones generales se tiene un total de 19 especies, pertenecientes a cuatro familias y 11 géneros. Algunas especies provenientes de estudios previos (Mendoza-Trejo, 1988), no fueron vueltas a recolectar recientemente. Es posible que al menos algunas de éstas sean especies que se encuentran de paso o que han llegado de manera fortuita y que no mantienen poblaciones estables dentro de la REPSA.

Historia natural

Archilestes grandis. Es un zigóptero grande con un tamaño de cuerpo de entre 50-60 mm. Los individuos de esta especie son fáciles de identificar en el campo por posarse con las alas entreabiertas, a diferencia del resto de los zigópteros del área que mantienen las alas juntas mientras se encuentran en reposo. Aunque no se observó actividad reproductiva de esta especie en el área, en otras localidades de México se ha observado que las hembras depositan sus huevos en plantas leñosas no acuáticas que crecen a la orilla de los cuerpos de agua. Este proceso se lleva a cabo en tándem con el macho unido a la hembra que oviposita. Se informa de cuatro individuos recolectados el 5/6/1982 (dos machos y dos hembras) (Mendoza-Trejo, 1988). No se ha recolectado recientemente en la REPSA.

Lestes alacer. Al igual que la especie anterior, los individuos se posan con las alas entreabiertas, aunque en este caso en particular, los ejemplares tienen una talla menor (longitud del cuerpo: 34-45 mm). Los 12 individuos aquí reportados provienen de recolectas realizadas entre los años 1968 (noviembre) y 1974 (febrero). No se le ha recolectado recientemente dentro de la REPSA. Los machos de esta especie en otras localidades de

México se posan en pastos emergentes que sobresalen de sitios no muy profundos de lagunas y estanques en zonas templadas y frías.

***Enallagma praevarum*.** Es una especie que vive predominantemente en aguas lénticas. Dentro de la REPSA se le encuentra en los estanques artificiales del Jardín Botánico y en lagos de la Cantera Oriente en donde coexiste con individuos de *Ischnura denticollis*. Los machos son de color azul intenso, mientras que las hembras son de color pardo claro. Los machos miden entre 27-34.5 mm y las hembras 26-35 mm (Westfall y May, 1996). La cópula tiene una duración de $6.94 \pm$ desviación estándar 4.59 min ($N = 3$), y se lleva a cabo generalmente a la orilla del agua, cuando la pareja se encuentra posada en pastos o vegetación emergente a pocos centímetros del agua. La oviposición se lleva a cabo en tándem y el sustrato utilizado son raíces secundarias de la vegetación que se encuentra a la orilla de los cuerpos de agua y secciones emergentes de *Stuckenia pectinata*. Durante la oviposición, el macho permanece erecto en posición *Agrion*. Se observó emergencia de varios individuos el 5 de marzo de 2008 al final del periodo invernal. Es medianamente abundante en la REPSA.

***Ischnura denticollis*.** Es la especie más pequeña de la REPSA. Los machos tienen una longitud total de 22-26 mm y las hembras de 23-26 mm (Westfall y May, 1996). El dorso del tórax del macho es de color oscuro con reflejos verde metálico. Existen dos morfotipos de hembras: una que es muy parecida en coloración al macho (hembra andromórfica) y otra que tiene una coloración general más grisácea (hembra heteromórfica). La forma andromórfica es la que predomina en la REPSA (Fig. 1). Es abundante en la localidad de estudio, sobre todo en estanques del Jardín Botánico Exterior, donde es común verla posada sobre sustratos horizontales, como las hojas flotantes de las ninfeáceas. En la Cantera Oriente, los individuos de esta especie son observados entre los pastos emergentes de la orilla de los cuerpos de agua. Individuos de diferentes edades y sexos son observados realizando pequeños vuelos entre los pastos y capturando pequeños insectos que se encuentran posados en la vegetación. La cópula se lleva a cabo mientras la pareja se encuentra posada sobre sustratos horizontales. Durante la cópula se observan

dos diferentes fases: una fase de "bombeo" rápido que consume alrededor de 2/3 partes de la duración de la misma y una fase de bombeo lento que consume 1/3 restante. La fase de bombeo rápido se asocia generalmente a la "remoción" espermática mientras que la segunda fase se asocia con la transferencia de esperma (Miller y Miller, 1981). La cópula tuvo una duración de 5.99 ± 2.66 min ($N = 9$). La oviposición en esta especie también ocurre en tándem sobre sustratos horizontales. En esta especie, a diferencia de la anterior, el macho permanece en el plano horizontal al igual que la hembra. La oviposición tuvo una duración de 5.01 ± 4.09 min ($N = 8$).



FIG. 1. Hembra andromórfica de *Ischnura denticollis*

***Anax junius*.** Es la especie de mayor tamaño de la REPSA (68-80 mm) (Needham *et al.*, 2000). Presenta un dimorfismo sexual poco acentuado, ambos sexos tienen el tórax color verde y la cara verde amarillento. El abdomen del macho tiene áreas azules más extensas que el de la hembra. Sólo se recolectó un macho en agosto de 2007 en la Cantera Oriente posado en la vegetación a la orilla de uno de los caminos y alejado unos metros del agua. Otro individuo fue observado y fotografiado cuando se encontraba posado en la vegetación del Jardín Botánico lejos del agua (Fig. 2). Dado lo anterior, se puede catalogar como rara en la REPSA, al menos en la época de observación.



FIG. 2. Macho de *Anax junius* posado en la vegetación

***Rhionaeschna multicolor*.** Es la especie que le sigue en tamaño y corpulencia a *A. junius* (machos y hembras: 68-72 mm) (Needham *et al.*, 2000) y quizás una de las más llamativas dentro de la REPSA, tanto por su tamaño como por su abundancia y actividad. Exhibe un marcado dimorfismo sexual: los machos son de color pardo oscuro con áreas de color azul intenso mientras que las hembras son de color pardo claro con áreas pálidas de color verde. En la REPSA es una de las especies más comunes en los lagos de La Cantera Oriente. En este sitio los machos patrullan la orilla de los cuerpos de agua, entre la vegetación emergente de los tules (*Typha latifolia*), buscando hembras solitarias que se encuentren en proceso de oviposición. Los machos muestran un comportamiento agresivo hacia otros machos coespecíficos y las interacciones agonísticas son muy comunes e intensas. La cópula ocurre cuando las hembras son sorprendidas ovipositando en las hojas caídas del tule, en cuyo caso son retomadas por los machos que patrullan el área. La cópula se lleva a cabo cuando la pareja se posa en la vegetación en algún sustrato vertical, como pueden ser en las hojas de tule o las ramas de los árboles que crecen a la orilla de los lagos. Algunas cópulas de esta especie fueron muy prolongadas y la duración de la misma muestra mucha variación, el rango oscila entre los 22 s y los 8 min 32 s (promedio: 2.75 min \pm 2.98 min; $N = 14$). Hacia el final de la cópula se observó en diferentes ocasiones que las hembras realizan una vibración de sus alas que se hace más intensa conforme

la cópula se prolonga; además, comienzan a frotar el abdomen del macho con sus patas para indicarle quizás la finalización de la misma. La oviposición se lleva a cabo de manera solitaria por las hembras y se hace generalmente en las hojas de tule y en sitios resguardados de la orilla de los lagos. El tiempo de oviposición de las hembras fue de 7.50 ± 6.51 min ($N = 11$); en una ocasión una hembra que se encontraba ovipositando rechazó con éxito ocho intentos que hicieron los machos de retomarla.

En sitios alejados del agua se observan con cierta frecuencia individuos de esta especie formando pequeños grupos dedicados a la alimentación. Estos lugares pueden estar cubiertos de vegetación natural o inclusive en los estacionamientos de Ciudad Universitaria. En estos lugares los individuos se congregan en un área particular y siguen una trayectoria elipsoidal comportándose como pequeños halcones que capturan sus presas en vuelo.

***Rhionaeschna psilus*.** Especie neotropical con 58-60 mm de longitud (machos y hembras) (Needham *et al.*, 2000) y de hábitos similares a *R. multicolor*. Se le observó en sitios sombreados a la orilla de los lagos en la Cantera Oriente. Las hembras usan como sitios de oviposición las hojas de *Typha latifolia*. Se observó una oviposición de esta especie que tuvo una duración de 34.5 min. Rara en la REPSA.

***Erythemis plebeja*.** Especie neotropical de tamaño mediano (machos y hembras: 42-47 mm) (Needham *et al.*, 2000). Muestra un dimorfismo sexual moderado: los machos son color pardo oscuro mientras que las hembras son de color pardo claro. Es una especie de aguas quietas considerada de tipo "perchador". En un estudio previo de su ecología de la conducta, De Marco *et al.* (2002) encontraron seis diferentes fases en su comportamiento reproductivo. Inicia cuando el macho localiza a la hembra mientras patrulla y la hembra percha; la cópula se lleva a cabo en un principio en el aire y pasado un tiempo sigue cuando la pareja se posa, aunque su duración es de tan sólo 48-49 s. Una vez concluida la cópula, el macho busca un sitio de oviposición y la hembra puede quedarse perchada o seguir al macho; cuando éste encuentra un sitio adecuado simula el movimiento de oviposición, a veces tocando el agua (en ocasiones puede suceder que el macho sea depredado por ranas

mientras simula la oviposición); después se acerca a la hembra y la conduce al sitio elegido y la hembra comienza a ovipositar sola de manera exofítica, tocando repetidamente el agua con la punta de su abdomen, mientras el macho hace movimientos de vigilancia sin contacto, volando sobre ella. También encontraron que las hembras pueden ovipositar solas sin el macho cerca, pero lo hacen en áreas no definidas. Es escasa y en la Cantera Oriente, preferentemente se le observa en una sección de uno de los lagos que se encuentra casi permanentemente cubierta de la lemnácea *Wolffiella lingulata*.

Erythemis vesiculosa. Especie tropical de tamaño grande (machos y hembras 56-59 mm) (Needham *et al.*, 2000) con un dimorfismo sexual ligero. Ambos sexos presentan el cuerpo de color verde brillante. Es una especie rara en la localidad de estudio y no se observó actividad reproductiva dentro de la REPSA. En otras localidades de México las hembras ovipositan solas, tocando con su abdomen el agua y dejando caer masas de huevos (E. González, obs. pers.)

Libellula saturata. Esta es una especie habitante de cuerpos de agua de tipo lótico como arroyos y ríos. Existe un registro histórico de ella para Ciudad Universitaria del 3/5/1984 (Mendoza-Trejo, 1988). Por las características de hábitat anteriormente descritas es muy probable que no sea una especie residente dentro de la REPSA.

Macrothemis pseudimitans. Es una especie neotropical. Al igual que la especie anterior es habitante común de arroyos y ríos en regiones de menor elevación. Existe un registro histórico de ésta para la Ciudad Universitaria del 12/6/1982 (Mendoza-Trejo, 1988). Es poco probable que sea residente de la REPSA por las condiciones de hábitat anteriormente descritas.

Miathyria marcella. Especie neotropical de tamaño pequeño a mediano (machos y hembras: 37-40 mm) (Needham *et al.*, 2000). Es una especie que no presenta un dimorfismo sexual marcado. A diferencia de las dos especies anteriores, es un habitante de aguas lénticas (estanques, lagos y lagunas), y comúnmente prefiere sitios en donde existe vegetación flotante como los lirios (*Eichhornia*). Es una especie rara en la REPSA.

Micrathyria sp. Es un género de libélulas neotropicales de tamaño pequeño a mediano (que va desde los 28- 41 mm) (Needham *et al.*, 2000). La cabeza y especialmente los ojos en alguna de sus especies son de color verde brillante, el abdomen es de color gris-azulado con una mancha verde pálido característica en el segmento abdominal 7. Se observó a un individuo de este género en la Cantera Oriente (H. Barba, obs. pers.), pero su identidad específica se desconoce aunque quizás se trate de *Micrathyria aequalis*. Muy probablemente su presencia en la REPSA fue accidental.

Orthemis ferruginea. Especie neotropical de tamaño mediano (machos y hembras: 52-55 mm) (Needham *et al.*, 2000). Posee un marcado dimorfismo sexual: los machos tienen un color rosado encendido mientras que las hembras son de color pardo. Al igual que otros libelúlidos, es una especie típicamente oportunista que acude a colonizar casi de inmediato cualquier nuevo cuerpo de agua que se abra por efecto de las lluvias. En la Cantera Oriente se observó su conducta reproductiva en un charco temporal que se formó por una lluvia torrencial previa. Es una especie escasa en la localidad de estudio. Aunque no se observó actividad reproductiva, la cópula la lleva a cabo en el aire y tiene una duración muy breve (1 min en promedio). La oviposición es exofítica, y ocurre generalmente a la orilla de los cuerpos de agua con la hembra viendo hacia ésta. Cada vez que la hembra toca el agua con su abdomen, lanza una pequeña gota de agua hacia la orilla (Novelo-Gutiérrez y González-Soriano, 1984).

Pantala flavescens. Especie de tamaño mediano (machos y hembras de 47-50 mm) (Needham *et al.*, 2000). Es cosmopolita, pues se encuentra tanto en zonas templadas como cálidas y que en ocasiones efectúa migraciones masivas en Norte América (Dunkle, 2000). Es fácil de identificar en el campo por la coloración amarillenta que tienen tanto los machos como las hembras. En ocasiones se observó a hembras intentando ovipositar sobre el cofre o el techo de autos estacionados en Ciudad Universitaria (E. González, obs. pers.). Es escasa en la localidad.

Pseudoleon superbus. Es una especie inconfundible por el patrón de manchas oscuras que presenta en ambos pares de alas y por poseer en los ojos compuestos un patrón de bandas oscuras y claras intercaladas. Es más

común en sitios de menor altitud en donde se le observa en lugares someros de arroyos y ríos. En estos sitios los machos patrullan zonas con remansos e interactúan agresivamente con otros machos. Muy probablemente no es residente de la REPSA por las condiciones de hábitat anteriormente señaladas. El único reporte de esta especie proviene de 12/6/1982 (Mendoza-Trejo, 1988).

Sympetrum corruptum. Libélula de tamaño mediano (machos y hembras: 39-42 mm) distribuida en zonas templadas (Needham *et al.*, 2000). Los machos tienen el abdomen de color pardo-rojizo y los apéndices caudales de color negro. Los machos se posan con cierta frecuencia sobre el suelo (Fig. 4), aunque también pueden usar sitios de percha elevados a la orilla de los cuerpos de agua, como la especie anterior. Al igual que *S. illotum* es una especie territorial. La cópula tuvo una duración de 2.66 min ($N = 2$) (Fig. 3). La oviposición es en tándem y se lleva a cabo en zonas someras en donde la vegetación emergente es escasa o baja (p. ej., áreas con pasto inundadas recientemente). A diferencia de la especie anterior, el macho puede soltar a la hembra casi al final de la oviposición y ésta continúa ovipositando sola por 1.04 min ($N = 3$). Se han visto emergencias masivas de esta especie en una fuente localizada afuera del área de seminarios del Jardín Botánico (Fig. 5). Se observaron individuos de esta especie lejos del agua posados en sitios poco convencionales como por ejemplo, en las antenas de los automóviles. Es medianamente abundante en la REPSA en donde, al parecer, vuela de finales del verano hasta finales del otoño.

Sympetrum illotum. Especie de tamaño mediano (machos y hembras: 38-40 mm) (Needham *et al.*, 2000). Los machos de esta especie se reconocen por el color rojo encendido de su abdomen. Los machos muestran un comportamiento territorial y defienden áreas próximas a sus sitios elevados de percha. El tiempo de cópula es de 2.59 minutos ($N = 2$) (Fig.3). La hembra deposita los huevos exofíticamente asistida por el macho quien la resguarda en posición de tándem por 1.66 ± 0.94 min, ($N = 13$). La pareja lleva a cabo este proceso en vuelo y al final ambos se separan y se alejan del sitio. Es abundante en la REPSA.



FIG. 3. Cópula de *Sympetrum illotum*



FIG. 4. Macho de *Sympetrum corruptum* posado en el suelo

Tramea onusta. Libélula de tamaño grande (machos y hembras: 41-49 mm) y vuelo potente (Needham *et al.*, 2000). Se le encuentra generalmente en aguas lénticas (estanques, lagunas y lagos). Los individuos de esta especie presentan manchas rojas o cafés características en la base de las alas. En la Cantera Oriente se le observó cazando insectos en vuelo. En sitios más tropicales ocasionalmente forma grupos poliespecíficos con individuos de los géneros *Pantala* y *Miathyria* (González-Soriano, 1997). Se capturó un par de individuos posados sobre pequeños árboles de *Salix*. Es escasa en la REPSA.



FIG. 5. Emergencia masiva de *S. corruptum* en una fuente del Jardín Botánico

Discusión

La REPSA tiene una gran relevancia desde el punto de vista biológico por poseer elementos únicos de la flora y fauna mexicanas (Rojo, 1994). Por estar dentro del área metropolitana de la Ciudad de México, el estudio de los organismos acuáticos que ahí habitan adquiere gran importancia, ya que nos podría ayudar a entender la manera de como estos organismos se han adaptado a las condiciones ambientales críticas de esta metrópoli, en donde la mayoría de los hábitats acuáticos naturales se han extinguido o están en avanzado proceso de degradación. Con dicha información se podrían llevar a cabo acciones enfocadas a la conservación y al manejo de dichas especies.

La fauna de Odonata de la REPSA está constituida por 19 especies pertenecientes a 11 géneros y cuatro familias. Esta riqueza representa alrededor de 47.5% de todas las especies (40) reportadas para el DF (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez, 2007). Cinco especies provienen de registros históricos (Mendoza-Trejo, 1988; Mendoza-Trejo y González-Soriano, 1989) y tres (*L. saturata*, *M. pseudimitans* y *P. superbus*) son especies cuya captura dentro de la REPSA con cierto grado de certeza, fue quizás accidental por las condiciones de hábitat en

donde viven regularmente. Las otras dos (*A. grandis* y *L. alacer*) es posible que aún pudieran ubicarse en alguna época del año dentro de la REPSA.

Es notable observar que sólo cuatro de las especies de la REPSA pertenecen al suborden Zygoptera. Las restantes 15 corresponden al suborden Anisoptera y dentro de éste último, 12 corresponden a miembros de la familia Libellulidae. Este sesgo no es sorprendente, ya que los libelúlidos (junto con los Coenagrionidae) son uno de los grupos más diversos de los actuales Odonata y, además, muchas de sus especies actúan como colonizadoras y tienen una amplia distribución. La escasez de zigópteros en la REPSA es debida, quizás en parte, a la carencia de cuerpos de agua de tipo corriente, lo cual incidiría al menos en el género *Argia*, uno de los géneros que tiene un mayor número de especies en este tipo de hábitats en otras localidades de México.

Las libélulas son un grupo de insectos depredadores que no dependen de las plantas desde un punto de vista trófico, como ocurre con otros insectos. Sin embargo, ellas pueden usar las plantas para otros fines, como por ejemplo como sitios de crianza para las larvas (p. ej. las que viven en fitotelmata) o para la oviposición, sitios de descanso o para la selección de hábitat de adultos (Buchwald, 1992; Corbet, 1999; Paulson, 2006). Para el caso específico de las libélulas, la vegetación de la REPSA puede servir para diversos fines como por ejemplo como sitios de descanso temporal para adultos (Fig. 2), como sitios de descanso nocturno (ver Fig. 6), o como sitios de percheo temporal (p. ej., para vigilancia territorial en el caso de los machos). Además, la vegetación terrestre puede ser un factor que concentre presas potenciales (p. ej., plantas en floración que atraen polinizadores) sobre las que los grupos de libélulas se concentren. Por otro lado, diversas plantas acuáticas o semiacuáticas pueden ser el sustrato en donde las hembras depositen sus huevos (p. ej., el mencionado caso de las hojas de *Typha latifolia* en donde ovipositan las hembras de *R. psilus* y *R. multicolor*), o de donde emerjan los adultos del agua. Asimismo, para el caso de las larvas, la vegetación sumergida puede ayudar a ocultarlas de la vista de sus presas o como sitios de percheo desde donde pueden atrapar a éstas en su paso.



FIG. 6. Hembra de *S. corruptum* semicongelada en su percha de descanso nocturno (Foto: M. A. Gurrola)

Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al Dr. Antonio Lot por invitarnos a participar en este proyecto. El Dr. Ze-nón Cano-Santana hizo importantes comentarios que mejoraron considerablemente la versión final de este capítulo. Al Biól. Óscar Hernández y al M. en C. Pedro Ramírez por su ayuda invaluable en la identificación de la vegetación acuática. Al Biól. Francisco Martínez Pérez por su amistad y por el apoyo logístico ofrecido. A Marco Antonio Gurrola por habernos permitido usar alguna de las fotos que aquí se presentan y a Daniela Ruiz Silva por habernos permitido usar una de sus figuras.

Literatura citada

- BUCHWALD, R. 1992. Vegetation and dragonfly fauna-characteristics and examples of biocenological field studies. *Vegetation*, **101**: 99-107.
- CORBET, P.S. 1999. Dragonflies, behavior and ecology of Odonata. Cornell University Press, Ithaca, N.Y.
- DE MARCO, P., A.O. LATINI Y P.H.E. RIBEIRO. 2002. Behavioral ecology of *Erythemis plebeja* (Burmeister) at small pond in southeastern Brazil (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica*, **31**: 305-312.
- DUNKLE, S.W. 2000. Dragonflies through binoculars. Oxford University Press. Oxford.
- FINCKE, O. 1984. Giant damselflies in a tropical forest: reproductive biology of *Megaloprepus coerulatus* with notes on Mecistogaster. (Zygoptera: Pseudostigmatidae). *Advances in Odonatology*, **2**: 13-27.
- GIRÓN, H. E. 1987. Insectos en busca de Investigación. *Información científica y Tecnológica*, **125**:43-45.
- GONZÁLEZ-SORIANO, E. 1987. *Dythemis canacrioides* Calvert, a libellulid with unusual ovipositing behaviour (Anisoptera). *Odonatologica*, **16**: 175-182.
- GONZÁLEZ-SORIANO, E. 1997. Odonata. Pp. 245-255, en: González Soriano, E., R. Dirzo y R.C. Vogt (eds.). Historia natural de Los Tuxtlas. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GONZÁLEZ-SORIANO, E. Y R. NOVELO G. 2007. Odonata of Mexico revisited. Pp.105-136, en: Tyagi, B. K. (ed.). Odonata: Biology of dragonflies. Scientific Publishers, India, Jodhpur.
- GONZÁLEZ-SORIANO, E. Y H. C. P. BARBA MEDINA. 2008. Libélulas. Pp.133-160, en: Lot, A. (comp.). Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- KATTHAIN D., G. 1971. Estudio taxonómico y datos ecológicos de especies del suborden Rhopalocera (Insecta: Lepidoptera) en un área del Pedregal de San Angel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- LECHUGA V., N.R. 1971. Estudio ecológico de los insectos de *Senecio praecox* D. C. en el Pedregal de San Angel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MÁRQUEZ M., C. 1968. Ortópteros del Pedregal de San Ángel, Villa Obregón D.F. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología*, **39**: 1-172.
- MENDOZA-TREJO, R. 1988. Contribución al estudio de los odonatos del Valle de México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MENDOZA-TREJO, R. Y E. GONZÁLEZ-SORIANO. 1989. Libélulas del área urbana y suburbana del Valle de México. Pp. 136-140, en: Gío, R., I. Hernández y E. Sáinz-Hernández (eds.). *Ecología urbana*. Publicación Especial de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, México.
- MENDOZA-TREJO., R. Y E. GONZÁLEZ-SORIANO. 1999. Libélulas de la región de montaña del sur de la Cuenca de México. Pp. 215-216, en: Velázquez, A. y F.J. Romero (comps.). *Biodiversidad de la región de montaña del sur de la Cuenca de México*. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, México.
- MILLER, P.L. Y C.A. MILLER. 1981. Field observations on copulatory behaviour in Zygoptera, with an examination of the structure and activity of the male genitalia. *Odonatologica*, **10**: 201-218.
- NEEDHAM, J.G., M.J. WESTFALL Y M.L. MAY. 2000. *Dragonflies of North America*. Scientific Publishers, Gainesville.
- NOVELO-GUTIÉRREZ, R. Y E. GONZÁLEZ-SORIANO. 1984. Reproductive behavior in *Orthemis ferruginea* (Fab.) (Odonata: Libellulidae). *Folia Entomológica Mexicana*, **59**: 11-24.
- PALACIOS-VARGAS, J.G. 1981. Note on Collembola of Pedregal de San Angel, México, D.F. *Entomological News*, **92**:42-44.
- PAULSON, D. 2006. The importance of forests to neotropical dragonflies. Pp. 79-101, en: Cordero R., A. (ed.). *Forest and dragonflies*. Fourth WDA International Symposium of Odonatology, Pontevedra, España, julio de 2005. Pensoft Publishers, Sofía y Moscú.
- PRITCHARD, G. 1991. Insects in thermal springs. *Memoirs Entomological Society Canada*, **155**:89-106.
- ROJO, A. (comp.). 1994. Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- SHERK, T. E. 1978. Development of the compound eyes of dragonflies (Odonata). III. Adult compound eyes. *Journal Experimental Zoology*, **203**: 61-80.
- WESTFALL, M. J. Y M. L. MAY, 1996. *Damselflies of North America*. Scientific Publishers, Gainesville.
- ZARAGOZA C., S. 1966. Contribución al estudio de los crisomélidos de México. I. (Coleoptera: Chrysomelidae). *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología*, **3**(1-2): 143-154.

Apéndice 1. Lista de especies de Odonata de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (incluyendo registros históricos *)

Suborden Zygoptera

Familia Lestidae

Archilestes grandis (Rambur, 1842) (*)

Lestes alacer Hagen, 1861 (*)

Familia Coenagrionidae

Enallagma praevarum (Hagen, 1861)

Ischnura denticollis (Burmeister, 1839)

Suborden Anisoptera

Familia Aeshnidae

Anax junius (Drury, 1770)

Rhionaeschna multicolor (Hagen, 1861)

Rhionaeschna psilus (Calvert, 1947)

Familia Libellulidae

Erythemis plebeja (Burmeister, 1839)

Erythemis vesiculosa (Fabricius, 1775)

Libellula saturata Uhler, 1857 (*)

Macrothemis pseudimitans Calvert, 1908 (*)

Miathyria marcella (Selys in Sagra, 1857)

Micrathyria sp. Kirby, 1889

Orthemis ferruginea (Fabricius, 1775)

Pantala flavescens (Fabricius, 1798)

Pseudoleon superbus (Hagen, 1861) (*)

Sympetrum illotum (Hagen, 1861)

Sympetrum corruptum (Hagen, 1861)

Tamea onusta Hagen, 1861

Apéndice 2. Clave para la separación de familias, géneros y especies de libélulas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (Adaptado de González-Soriano y Barba-Medina, 2007, ver Fig. 7)

1. Individuos de cuerpo delicado; alas anteriores y posteriores similares en tamaño y forma; cuando están en reposo las alas permanecen plegadas longitudinalmente al eje del abdomen o parcialmente abiertas; ojos separados y dispuestos lateralmente; machos con 4 apéndices abdominales cuadales.....
..... **Zygoptera**

1' Individuos de cuerpo más robusto; cuando están en reposo las alas permanecen abiertas en forma perpendicular al eje del cuerpo; alas posteriores más anchas en la base que las anteriores; ojos dorsalmente juntos y situados frontalmente; machos con 3 apéndices abdominales caudales; en reposo permanecen con las alas abiertas **Anisoptera**

Suborden Zygoptera

1 R4+5 se origina más cerca del árculo que del nodo; en reposo mantienen las alas entreabiertas **Lestidae**

1' R4+5 se origina más cerca del nodo que del árculo; en reposo mantienen las alas cerradas **Coenagrionidae**

Familia Lestidae

1 Lado interno del cuadrilátero del ala anterior de casi la mitad de largo que el del lado posterior; R2+3 se bifurca a más de dos celdas después del nodo; ala posterior de 35 mm de largo o más..... **Archilestes grandis**

1' Lado interno del cuadrilátero del ala anterior de un tercio o menos de largo que el del lado posterior; R2+3 se bifurca a menos de dos celdas después del nodo; ala posterior de menos de 30 mm de largo **Lestes alacer**

Familia Coenagrionidae

1 Individuos con tamaño de cuerpo (mm) de 27-34.5 para machos y 26-35 para hembras. Machos con el tórax

y el abdomen de color azul intenso; R₃ en el ala posterior originándose de la cuarta vena transversal postnodal **Enallagma prevarum**

1' Tamaño del cuerpo menor (machos 22-26 mm y 23-26 hembras). Machos con el dorso del tórax de color negro sólido y con el abdomen de color negro, con solo la parte distal de color azul; R3 en el ala posterior originándose en o cerca de la tercera vena transversal postnodal..... **Ischnura denticollis**

Suborden Anisoptera

1 Ojos compuestos unidos solo por una distancia corta en la parte dorsal; alas posteriores con el asa anal bien desarrollada y en forma de "pie"..... **Libellulidae**

1' Ojos compuestos unidos por una distancia considerable en su parte dorsal formando una "comisura" ocular; ala posterior con el asa anal poco desarrollada y sin forma de "pie"..... **Aeshnidae**

Familia Aeshnidae

1 Individuos con el pterotórax verde uniforme en ambos sexos, machos con las alas posteriores sin un ángulo anal y sin triángulo anal; mancha oscura de la frente semiovalada..... **Anax junius**

1' Individuos con el pterotórax de color pardo oscuro con bandas pálidas; machos con las alas posteriores con un ángulo anal y con triángulo anal; mancha oscura de la frente en forma de "T"..... **Rhionaeschna 2**

2(1') Individuos de talla mayor (68-72 mm); machos con el esternón de los segmentos abdominales 9-10 de color pardo claro..... **Rhionaeschna multicolor**

2' Individuos de menor talla (58-60 mm); machos con una mancha de color azul brillante en el esternón de los segmentos abdominales 9-10 **Rhionaeschna psilus**

Familia Libellulidae

1 Alas con manchas oscuras en cada una de las venas antenodales y con un patrón de manchas característico ***Pseudoleon superbus***

1' Alas sin un patrón de manchas como el arriba descrito **2**

2(1') Alas con mas de una vena transversal en el puente **3**

2' Alas con una sola vena transversal en el puente **4**

3(2) Alas con dos venas transversales en el puente, ambos sexos con un par de manchas dorsales verdosas en el dorso del segmento abdominal 7; costa hialina ***Micrathyrta sp***

3' Alas con varias venas transversales en el puente; ambos sexos sin manchas verdosas en el segmento abdominal 7; costa con una franja amarilla-anaranjada a todo lo largo de ella ***Libellula saturata***

4(2') Individuos con las alas posteriores muy expandidas en su base, con al menos 5 hileras de celdas entre la vena A2 y el ángulo anal del ala; pterostigmas trapezoidales con los lados proximal y distal no paralelos..... **5**

4' Individuos con las alas posteriores no tan expandidas en su base como arriba y con no mas de 4 hileras de celdas entre la vena A2 y el ángulo anal del ala; pterostigmas usualmente con los lados proximal y distal paralelos **7**

5(4) Coloración de la cara, tórax y abdomen amarillento o amarillento rojizo; venas R3 e IR3 fuertemente onduladas; alas posteriores con 2 venas transversales cubitoanales ***Pantala flavescens***

5' Coloración de la cara, tórax y cuerpo no como arriba; venas R3 e IR3 no tan onduladas, alas posteriores con una vena transversal cubitoanal **6**

6(5') En ambos sexos, la base de las alas posteriores con una banda transversal basal ancha, de color pardo oscuro que llega hasta el nivel del triángulo. Alas anteriores con 4 hileras de celdas en el espacio trigonal ***Tramea onusta***

6' En ambos sexos, la base de las alas posteriores con una banda transversal basal mas angosta, de color pardo oscuro que no llega hasta el nivel del triángulo. Alas anteriores con 2-3 hileras de celdas en el espacio trigonal ***Miathyrta marcella***

7(4') Individuos con un pterostigma muy largo abarcando 4 o mas venas transversales debajo de él; machos con un cuerpo de color "magenta"; hembras con expansiones laterales semicirculares en el segmento abdominal 8 ***Orthemis ferruginea***

7' Individuos con pterostigma más corto; machos con una coloración variada; hembras sin expansiones laterales en el segmento abdominal 8 **8**

8(7') Individuos con 6-7 celdas paranales antes del subtriángulo en las alas anteriores **9**

8' Individuos con 5 celdas paranales antes del subtriángulo en las alas anteriores ***Sympetrum*** **11**

9(8) Meso y metafémur cada uno con 3 espinas grandes en su parte apical; segmentos abdominales 7-9 de forma normal ***Erythemis*** **10**

9' Meso y metafémur cada uno con espinas que incrementan gradualmente su tamaño hacia su parte distal; segmentos abdominales 7-9 ensanchados ***Macrothemis pseudimitans***

10(9) Individuos de talla grande (56-59 mm); ambos sexos de color verde pálido brillante ***Erythemis vesiculosa***

10' Individuos de talla menor (42-47 mm); hembras de color pardo claro y de color pardo oscuro o completamente negro en los machos ***Erythemis plebeja***

11(8') Alas hialinas en su base; usualmente 7 venas transversales antenodales en las alas anteriores, 5 en las posteriores; patas principalmente oscuras
 ***Sympetrum corruptum***

11' Alas con bandas pardo-rojizas en su base, usualmente 8-9 venas transversales antenodales en las alas anteriores; con 6-7 en las posteriores; patas de color pálido
 ***Sympetrum illotum***

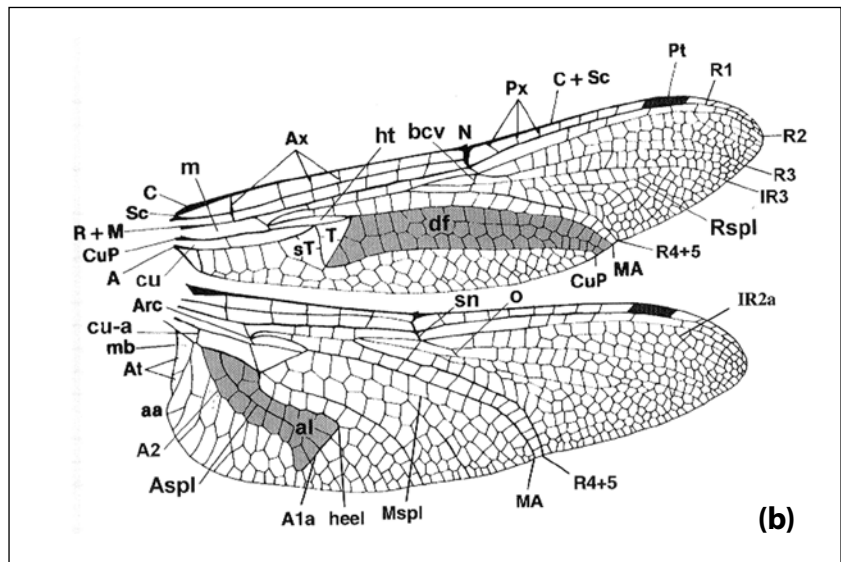
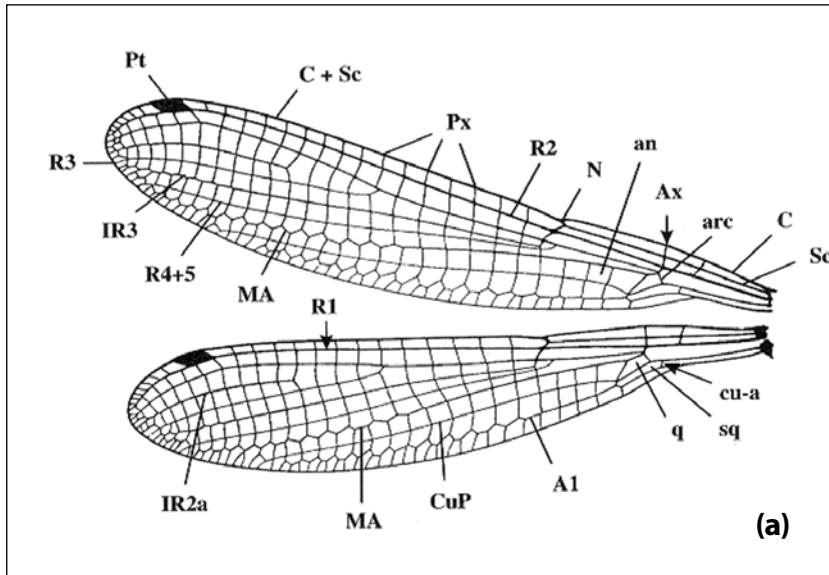


FIG. 7. **Alas de odonatos** (a) **Zygoptera**, (b) **Anisoptera**; C, costa; Sc, subcosta; R+M, radial+medial; R1, primera radial; Rs, sector radial; R2, segunda radial; IR2a, segunda radial intercalar; R3, tercera radial; Rspl, suplemento radial; R4+5, cuarta y quinta radial, MA, medial anterior; Mspl, suplemento medial; CuP, cubital posterior; A, anal; A1, primera anal; A1a, primera anal accesoria (ala posterior); Aspl, suplemento anal; A2, segunda anal; Ax, antenodales; Px, postnodales; N, nodo; sn, vena transversal subnodal; arc, arculus; bcv, vena transversal del puente; cu-a, vena transversal cubito anal; o, vena transversal oblicua; t, triángulo; st, subtriángulo; ht, supratrígulo; df, campo discoidal; m, celda media; al, asa anal; heel, talón del asa anal; AF, campo anal (ala posterior); Pt, pterostigma; mb, membránula; an, celda antenodal; q, celda del cuadrilátero; sq, celda del subcuadrilátero; vs, venas suplementarias.

Thysanoptera

Roberto M. Johansen-Naime y Aurea Mojica Guzmán

Colección de Thysanoptera, Colección Nacional de Insectos,
Departamento de Zoología, Instituto de Biología
Universidad Nacional Autónoma de México
naime@ibiologia.unam.mx

Introducción

Los antecedentes del conocimiento de los trips o tisanópteros del Pedregal de San Ángel son los múltiples trabajos de Johansen, (1974a, 1974b, 1976, 1977, 1978a, 1978b, 1980, 1983, 1987, 2000), así como el de Johansen y Mojica (2003) en los que han descrito numerosas especies típicas de este ecosistema. Otro trabajo es la tesis de licenciatura Mendieta-Sevilla (1981), el cual ha servido de base importante de la información entomológica y de plantas hospederas para el presente trabajo.

En este trabajo se busca dar a conocer el censo actualizado tanto taxonómica como ecológicamente de los insectos tisanópteros en la zona de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

Materiales y método

Todos los ejemplares de tisanópteros utilizados en el presente estudio, proceden de la Colección de Thysanoptera en la Colección Nacional de Insectos, del Departamento de Zoología, Instituto de Biología de la, Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM). Las fotomicrografías fueron hechas con un equipo especial de microscopía digitalizada.

Resultados y discusión

Listado de trips

A la fecha se conocen 44 especies de tisanópteros. A continuación se presenta la lista taxonómica.

Suborden Terebrantia

1. *Anaphothrips nanus* Hood
2. *Bregmatothrips difficilis* Johansen
3. *Chirothrips falsus* Priesner
4. *Exophthalmothrips chiapensis* Johansen
5. *Exophthalmothrips fulvipennis* Moulton
6. *Frankliniella axochcoglabra* Johansen y Mojica
7. *Frankliniella borinquen* Hood
8. *Frankliniella brunnea* Priesner
9. *Frankliniella brunnescens* Priesner
10. *Frankliniella bruneri* Watson
11. *Frankliniella carmenmendietae* Johansen (Fig. 1)
12. *Frankliniella copilcoensis* Johansen
13. *Frankliniella dubia* Priesner
14. *Frankliniella fallaciosa* Priesner
15. *Frankliniella fortissima* Priesner
16. *Frankliniella gossypiana* Hood
17. *Frankliniella insularis* (Franklin)
18. *Frankliniella minuta* (Moulton)
19. *Frankliniella rostrata* Priesner
20. *Frankliniella spinosa* Moulton
21. *Frankliniella symphoricarpae* Johansen & Mojica
22. *Frankliniella simplex* Priesner
23. *Frankliniella occidentalis* (Pergande)
24. *Kurtomathrips anahuacensis* Johansen (Fig. 2)
25. *Leucothrips furcatus* Hood
26. *Plesiothrips tricolor* Johansen (Fig. 3)

27. *Neohydatothrips rapoportii* Johansen (Figs. 4 y 5)
 28. *Neohydatothrips signifer* (Priesner) (Figs. 6 y 7)
 29. *Neohydatothrips variabilis* (Beach)
 30. *Thrips australis* (Bagnall)
 31. *Thrips tabaci* Lindeman

Suborden Tubulifera

32. *Adraneothrips fuscicollis* Hood
 33. *Apterygothrips nakaharai* Johansen y Montes de Oca
 34. *Eurythrips ampliventralis* Hinds
 35. *Compsothrips dampfi* (Priesner)
 36. *Karnyothrips minimus* (Johansen) (Fig. 8)
 37. *Leptothrips costalimai* (Johansen) (Figs. 9)
 38. *Leptothrips mcconnelli* (D. L. Crawford)
 39. *Leptothrips papago* Hood
 40. *Gastrothrips anahuacensis* Johansen
 41. *Gastrothrips terrestris* (Priesner)
 42. *Holothrips anahuacensis* Johansen & Mojica
 43. *Gynaikothrips ficorum* (Marchal)
 44. *Torvothrips tremendus* (Johansen)

Ejemplares revisados y plantas hospederas

A continuación se presenta la relación de los ejemplares revisados, su ubicación taxonómica detallada y notas sobre sus plantas hospederas

Orden Thysanoptera Haliday, 1836
 Suborden Terebrantia Haliday, 1836
 Familia Thripidae Stephens, 1829
 Subfamilia Thripinae (Stephen) Karny, 1921
 Tribu Thripini Priesner, 1949
 Género *Anaphothrips* Uzel, 1895

A. nanus Hood, 1941

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m., 19-VIII-1974, 1 ♂ en follaje de varios pastos principalmente *Muhlenbergia* sp. (R.M. Johansen), en IBUNAM

Género *Bregmatothrips* Hood

B. difficilis Johansen, 1975

Material examinado. Holotipo ♀ macróptera, Alotipo ♂ braquíptero; paratipos: 7 ♀♀ macrópteras, 3 ♀♀ braquípteras y 3 ♂♂ braquípteros. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2242 m. 19-IV-1974, en macollos secos de *Bouteloua* sp.

(R.M. Johansen), en IBUNAM: *Idem*, 19-VIII-1974, 4 ♀♀ macrópteras, 1 ♀ braquíptera, 2 ♂♂ braquípteros, en follaje de varios pastos, principalmente *Muhlenbergia* sp. (R.M. Johansen), en IBUNAM.

Género *Exophthalmothrips* Moulton, 1933
 Sinónimo de *Frankliniella* Karny, 1910 por Mound & Marullo, 1996; revalidación genérica por Retana-Salazar, 1998.

E. chiapensis Johansen, 1981

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 26-VI-1977, 3 ♀♀ en *Lamourouxia* sp. (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 5-IX-1977, 1 ♂ en *Bouvardia ternifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 3-X-1977, 1 ♀ en *B. ternifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

E. fulvipennis Moulton, 1933

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 26-VI-1977, 1 ♂ en *Lamourouxia* sp. (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 24-VII-1977, 1 ♀ en *Lamourouxia* sp. (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 14-XII-1977, 1 ♀ en *Lamourouxia* sp. (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 23-VIII-1977, 1 ♀ en *Cuphea aequipetala* (M.C. Mendieta), en IBUNAM *Idem*, 12-VII-1977, 1 ♂ en *Bouvardia ternifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

Género *Frankliniella* Karny, 1910

F. axochcoglabra Johansen y Mojica, 2003.

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, 2542 m. 17-IV-1977, 1 ♀ en *Reseda luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 20-III-1978 1 ♀ en *Senecio praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 20-III-1978, 1 ♂ en *Oenothera rosae* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

F. borinquen Hood, 1942

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 17-IV-1978, 1 ♀ en *Senecio praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

Frankliniella brunnea Priesner, 1932

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 6-X-1977, 1 ♂ en *Tagetes peduncularis* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

F. brunnescens Priesner, 1932

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 17-IV-1978, 2 ♀♀ en *Senecio praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 2-IV-1978, 1 ♂ en *Senecio praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 22-I-1878, 1 ♀ en *Reseda luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; 7-VIII-1977, 1 ♀ en *Acacia filicoides* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; 25-II-1978, 1 ♀ en *Stevia rhombifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 6-III-1978, 2 ♀♀ en *Stevia rhombifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

F. bruneri Watson, 1921

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 4-V-1973, 5 ♀♀, 1 ♂, 2 larvas en flores de *Senecio praecox* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 17-IV-1978, 5 ♀♀, 1 ♂ en *S. praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 19-IV-1978, 1 ♀ en *S. praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 2-IV-1978, 1 ♀ en *Montanoa tomentosa* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 17-IV-1978, 1 ♀ en *Reseda luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 17-IV-1978, 1 ♂ en *Oenothera rosae* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

F. carmenmendietae Johansen, 2000 (Fig. 1)

Material examinado. Holotipo ♀. México; Distrito Federal, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 14-XII.1977 en *Senecio praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

F. copilcoensis Johansen, 2000

Material examinado. Holotipo ♀, paratipos: 3 ♀♀ en flores de *Tagetes peduncularis* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

F. dubia Priesner, 1932

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 2-IV-1978, 1 ♀ en *Senecio praecox* (M.C. Mendieta),

en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 26-IX-1977, 1 ♂ en *Senecio praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 22-I-1978 2 ♀♀ en *Wigandia urens* (M.C. Mendieta), en IBUNAM, *Idem*, 12-VII-1977, 1 ♀ en *Bouvardia ternifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 6-III-1978, 1 ♀ en *Stevia rhombifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 12-VII-1977, ♂ en *Geranium mexicanum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 14-XII-1977, 4 ♀♀ en *Lamourouxia ternifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 22-I-1978, 4 ♀♀ en *Reseda luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 7-VII-1977, 1 ♀ en *Cassia laevigata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 5-IX-1977, 1 ♀ en *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 24-VII-1977, 1 ♀ en *Milla biflora* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 24-VII-1977, 1 ♂ en *Cuphea* sp. (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 23-VIII-1977, 1 ♀ en *Penstemon campanulatus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, en *Eupatorium amplifolium* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

F. fallaciosa Priesner, 1933 a.

Material examinado. México: Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m., 13-VII-1975, 1 ♀ en follaje de *Quercus* sp. (Alfonso N. García), en IBUNAM; *Idem*, 5-IX-1977, 13 ♀♀ en *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 18-IX-1977, 4 ♀♀ 17 ♂♂ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

F. fortissima Priesner, 1925



Fig. 1. *Frankliniella carmenmendietae* Johansen. Adulto ♂

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 6-XI-1973, 1 ♀ en *Wigandia urens* (R.M. Johansen), en IBUNAM.

F. gossypiana Hood, 1936

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. en *Senecio praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

F. insularis (Franklin, 1908)

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, 2542 m. 12-VII-1977, 1 ♀ en *Bouvardia ternifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

F. minuta (Moulton, 1907)

Material examinado. México. Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 1-XI-1977, 5 ♀♀, 1 ♂ en *Eupatorium amplifolium* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 22-I-1978, 2 ♀♀, 2 ♂♂ en *Eupatorium pygnocephalum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 25-II-1978, 14 ♀♀, 7 ♂♂ en *E. pygnocephalum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 6-XI-1973, 2 ♀♀ en flores de *Senecio salignus* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 6-XI-1973, 6 ♀♀, 2 ♂♂ en flores de *S. salignus* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 31-X-1977, 8 ♀♀, 2 ♂♂ en *S. salignus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 12-XI-1977, 26 ♀♀, 2 ♂♂ en *S. salignus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 14-XII-1977, 37 ♀♀, 18 ♂♂ en *S. salignus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 26-XI-1977, 1 ♀, 1 ♂ en *Senecio praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 20-III-1978, 2 ♀♀ en *S. praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 2-IV-1978, 1 ♀, 2 ♂♂ en *S. praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 17-IV-1978, 2 ♀♀, 2 ♂♂ en *S. praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 4-XII-1973, 4 ♀♀ en flores de *Stevia salicifolia* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 6-III-1978, 10 ♀♀, 1 ♂ en *S. rhombifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 20-III-1978, 5 ♀♀, 1 ♂ en *S. rhombifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 26-XI-1977, 4 ♀♀, 1 ♂ en *Stevia serrata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 31-X-1977, 11 ♀♀, 2 ♂♂ en *Tagetes peduncularis* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 12-XI-1977, 3 ♀♀, 1 ♂ en *T. peduncularis* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 26-XI-1977, 1 ♀, 1 ♂, en *T. peduncularis* (M.C. Mendieta), en IBUNAM;

Idem, 29-X-1973, 1 ♂ en flores de *Tagetes triradiata* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem*, 17-XI-1973, 16 ♀♀, 2 ♂♂ en *Tithonia tubaeiformis* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem*, 6-XI-1973, 1 ♀ en flores de *Wigandia urens* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 1 ♀ en flores de *W. urens* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem*, 22-I-1978, 2 ♂♂ en *Reseda luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 20-III-1978, 1 ♂ en *R. luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 6-X-1977, 1 ♀ en *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 26-XI-1977, 1 ♂ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 22-I-1978, 1 ♀ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 2-IV-1978, 1 ♀ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 24-XI-1977, 2 ♀♀ en *Phytolacca octandra* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 31-X-1977, 7 ♀♀, 2 en *Ageratum corymbosum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 26-XI-1977, 1 ♂ en *A. corymbosum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 26-XI-1977, 1 ♀ en *Lamourouxia tenuifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 31-X-1977, 1 ♀ en *Muhlenbergia robusta* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 26-XI-1977, 1 ♀ en *M. robusta* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 31-X-1977, 2 ♀♀ en *Montanoa tomentosa* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 26-XI-1977, 4 ♀♀, 8 ♂♂ en *M. tomentosa* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 31-X-1977, 3 ♀♀ en *Bouvardia ternifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 31-XI-1977, 3 ♀♀, 3 ♂♂ en *B. ternifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 31-X-1977, 1 ♀ en *Rhynchelition roseum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM:

F. occidentalis (Pergande, 1895)

Material examinado. México, Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 1542 m. 6-XI-1973, 2 ♀♀ en flores de *Senecio salignus* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem*, 2-II-1974, 1 ♀ en flores de *Senecio praecox* (R.M. Johansen), en IBUNAM. *Idem*, 20-III-1978, 1 ♀ en flores de *S. praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 2-IV-1978, 4 ♀♀, 4 ♂♂, en *S. praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 14-XII-1977, 1 ♀ en flores de *Lamourouxia tenuifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 25-II-1978, 3 ♀♀ en *Stevia rhombifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 6-III-1978, 5 ♀♀ en *S. rhombifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 20-III-1978, 1 ♂ en *S. rhombifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 25-II-1978, 1 ♀ en *Reseda luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM:

F. rostrata Priesner, 1932

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2543 m. *Idem*, 29-XI-1973, 1 ♀ en *Wigandia urens* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem*, 4-XII-1973, 2 ♀♀ en inflorescencia de *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 29-IV-1977, 2 ♀♀, 1 ♂ en *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 5-IX-1977, 1 ♂ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 23-VIII-1977, 3 ♀♀, 8 ♂♂ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 2-II-1974, 4 ♀♀ en flores de *Senecio praecox* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 20-III-1978, 2 ♀♀, 3 ♂♂ en *S. praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 29-IV-1977, 1 ♀ en *S. praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 31-X-1977, 1 ♀ en *Senecio salignus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 20-III-1978, 3 ♀♀ en *Stevia rhombifolia* (M.C. Mendieta); en IBUNAM; *Idem*, 17-IV-1978, 1 ♂ en *Eupatorium cardiophyllum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 26-XI-1977, 1 ♀ en *Reseda luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 26-IV-1977, 6 ♀♀, 1 ♂ en *Montanoa tomentosa* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 2-IV-1978, 7 ♀♀ en *M. tomentosa* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; 18-IX-1977, 2 ♀♀, 1 ♂ en *M. tomentosa* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 6-X-1977, 1 ♀ en *M. tomentosa* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 31-X-1977, 1 ♀ en *M. tomentosa* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 27-XII-1977; 1 ♀ en *M. tomentosa* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 5-IX-1977, 1 ♂ en *Cuphea aequifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 14-XII-1977, 1 ♀ en *Lamourouxia ternifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

F. simplex, Priesner, 1934

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, 2542 m. 24-VII-1977, 1 ♀ en *Cassia laevigata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 12-XI-1977, 2 ♀♀ en *Senecio salignus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 27-XII-1977, 1 ♀, 1 ♂ en *Senecio praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 4-XII-1977, 1 ♀ en *Stevia serrata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 8-I-1978, 1 ♀ en *Ageratum corymbosum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 26-XII-1977, 1 ♂ en *Phytolacca octandra* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 25-II-1978, 2 ♀♀ en *Eupatorium pycnocephalum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; 17-IV-1978, 7 ♀♀ *Idem*, en *Eupatorium cardiophyllum* (M.C. Mendieta),

en IBUNAM; *Idem*, 11-VII-1979, 1 ♀ en tronco de *Schinus molle* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 23-VIII-1977, 1 ♀ en *Bouvardia ternifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 27-XII-1977, 1 ♀ en *Montanoa tomentosa* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 25-II-1978, 6 ♀♀ en *Stevia rhombifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 6-III-1978, 12 ♀♀ en *S. rhombifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 8-II-1978, 1 ♀ en *Reseda luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 26-XI-1977, 1 ♀ en *Lamourouxia ternifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

F. spinosa Moulton, 1936.

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 31-X-1977, 1 ♀ en *Muhlenbergia robusta* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.



Fig. 2. *Kurtomathrips anahuacensis* Johansen. Adulto ♀

F. symphoricarphae Johansen & Mojica, 2003.

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. en *Ageratum corymbosum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

Género *Kurtomathrips* Moulton, 1927
K. anahuacensis Johansen, 1974 (Fig. 2)



Fig. 3. *Plesiothrips tricolor* Johansen. Adulto ♀

Material examinado. Holotipo ♀, paratipo ♀. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2240 m. 18-IV-1974, en macollos secos de pasto *Bouteloua* sp. (R.M. Johansen), en IBUNAM.

Género *Plesiothrips* Hood, 1915

P. tricolor Johansen, 1974 (Fig. 3)

Material examinado. Holotipo ♀, paratipo ♀. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2240 m. 30-IV-1974, en macollos secos de *Muhlenbergia* sp. (R.M. Johansen), en IBUNAM.

Género *Thrips* Linnaeus, 1758 *sensu* Nakahara, 1994.

Isoneurothrips Bagnall, 1915,
sinonimizado por Bhatti, 1980

T. australis (Bagnall, 1915)

Es una especie de origen australiano e introducida en México durante el siglo XX, junto con sus plantas hospederas típicas del género *Eucalyptus*. Su hallazgo en el Pedregal de San Ángel en otras plantas nativas, se ex-

plica por la introducción en varios lugares circundantes de árboles de *Eucalyptus globulus* como es el caso de las áreas urbanizadas de Ciudad Universitaria y de ahí ocurre la dispersión hacia plantas nativas de la zona de reserva ecológica del Pedregal de San Ángel.

Material examinado. Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 5-IX-1974, 5♀♀, 7♂♂ en inflorescencias de *Eucalyptus globulus* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 26-VI-1977, 1♂ en *E. globulus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 7-VIII-1977, 3♀♀ en *E. globulus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 23-VIII-1977, 3♀♀ en *E. globulus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 18-IX-1977, 31♀♀, 2♂♂ en *E. globulus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 31-X-1977, 40♀♀, 3♂♂, 1 larva en *E. globulus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 12-XI-1977, 3♀♀, 1 larva en *E. globulus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 26-XI-1977, 1♀, 1♂, 2 larvas en *E. globulus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 6-III-1978, 14♀♀, 4♂♂ en *E. globulus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 8-II-1978, 1♀ en *E. globulus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 22-I-1978, 1♀ en *Senecio salignus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 6-III-1978, 8♀♀, 2♂♂ en *Senecio praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem* 12-XI-1977, 1♂ en *Bouvardia ternifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 22-I-1978, 3♀♀ en *Stevia serrata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 14-XII-1977, 1♀ en *S. serrata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 27-XII, 1977, 1♀, 1♂ en *S. serrata* (M. C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 22-I-1978, 3♀♀, en *S. serrata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 5-IX-1977, 1♀ en *Montanoa tomentosa* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 26-XI-1977, 1♂ en *M. tomentosa* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 7-VIII-1977, 1♀ en *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 5-IX-1977, 1♀, 15 larvas en *Phytolacca octandra* (M.C. Mendieta), en IBUNAM).

T. tabaci Lindeman 1889.

El "trips de la cebolla", es una especie muy adaptada al follaje de *Allium cepa* y *Allium sativus*, donde ocurre su ciclo de vida y en las cuales es una plaga de importancia agrícola. Al igual que sus plantas hospederas ya mencionadas del género *Allium*, se originaron en Asia Central. Su introducción humana en México probablemente ocurrió en el siglo XVI, durante la fundación de la Nueva

España. Los hallazgos en el Pedregal de San Ángel en otras plantas es un caso de asilvestramiento.

Material examinado. Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 22-I-1977, 2 ♀♀ en *Reseda luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 31-X-1977, 1 ♀ en *R. luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 26-XII-1977, 2 ♀♀ en *R. luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 8-I-1978, 3 ♀♀ en *R. luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 22-I-1978, 1 ♀ en *R. luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 25-II-1978, 1 ♀ en *R. luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 20-III-1978, 3 ♀♀ en *R. luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; ♀♀, 2-IV-1978, 3 ♀♀ en *R. luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 17-IV-1978, 3 ♀♀ en *R. luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 15-V-1978, 2 ♀♀ en *R. luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM, *Idem*, 20-III-1978, 1 ♀ en *Senecio salignus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 20-III-1978, 3 ♀♀ en *Senecio praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 2-IV-1978, 1 ♀ en *Senecio praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 17-IV-1978, 2 ♀♀ en *S. praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 15-IV-1977, 1 ♀ en *S. praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 29-VIII-1978, 1 ♀ en *Phaseolus coccineus* (Alfonso Delgado S.), en IBUNAM; *Idem*, 12-XI-1977, 2 ♀♀ en *Bouvardia ternifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 31-X-1977, 1 ♀ en *Stevia serrata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 14-XII-1977, 1 ♀ en *S. serrata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 27-XII-1977, 4 ♀♀ en *S. serrata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 18-IX-1977, 1 ♀ en *Eupatorium amplifolium* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 23-VIII.1977, 3 ♀♀ en *Eucalyptus globulus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 8-IX-1977, 1 ♀ en *Ageratum corymbosum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

Tribu Sericothripini Priesner, 1926

Género *Neohydatothrips* John, 1929 *sensu* Nakahara, 1988

N. rapoportii Johansen, 1983 (Figs. 4 y 5)

Los numerosos registros obtenidos de esta especie en follaje de *Buddleja cordata* ssp. *cordata* en el Pedregal de San Ángel, pueden ser indicadores de especialización fitofágica.



Fig. 4. *Neohydatothrips rapoportii* Johansen. Adulto ♀

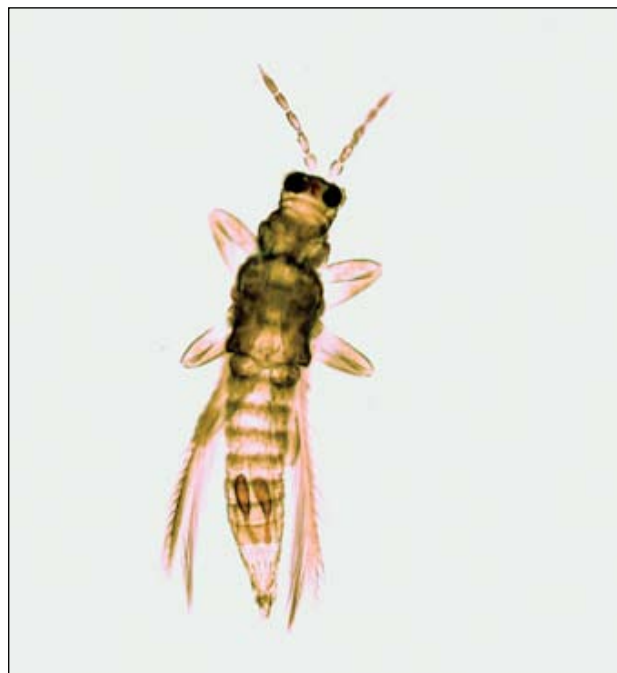


Fig. 5. *Neohydatothrips rapoportii* Johansen. Adulto ♂

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m., 4-XII-1973 2 ♀♀ en follaje y panícula floral de *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 12-XI-1977 4 ♀♀ en *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 23-VIII-1977 3 ♀♀ en *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 5-IX-1977 1 ♀ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 18-IX-1977 1 ♀, 1 ♂ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 6-X-1977 3 ♀♀ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 14-XII-1977 5 ♀♀, 7 ♂♂ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 27-XII-1977 24 ♀♀, 9 ♂♂ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 8-I-1978, 57 ♀♀, 15 ♂♂ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 22-I-1978. 13 ♀♀, 5 ♂♂ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 25-II-1978, 9 ♀♀, 1 ♂, en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 17-IV-1978, 2 ♀♀ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 21-IV-1978, 5 ♀♀, 1 ♂ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 8-II-1978, 7 ♀♀, 1 ♂, en *Eucalyptus globulus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 1 ♀ en *Senecio salignus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 17-IV-1978, 1 ♀ en *Senecio praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 6-III-1976, 4 ♀♀, 1 ♂ en *Stevia rhombifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM. *Idem*, 31-X-1977 1 ♀ en *Geranium mexicanum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

N. signifera (Priesner, 1932) (Figs. 6 y 7)

Neohydatotrips aztecus Johansen,
1983 sinonimizado por Mound & Marullo 1996.

Esta especie fue descrita originalmente de ejemplares recolectados en *Senecio salignus*, por el Dr. Alfonso Dampf, de acuerdo con Priesner (1932).

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 2-II-1974 en follaje de *Schinus molle* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem*, 20-III-1978 3 ♀♀, 2 ♂♂ en *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 10-VI-1977, 1 ♀, 1 ♂ en *Eupatorium cardiophyllum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 31-X-1977, 1 ♀ en *E.*



Fig. 6. *Neohydatotrips signifera* (Priesner). Adulto ♀



Fig. 7. *Neohydatotrips signifera* (Priesner). Adulto ♂

cardiophyllum (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 26-VII-1977, 1 ♀ en *Bouvardia ternifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 18-IX-1977, 1 ♀ en *Eupatorium amplifolium* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 26-XI-1977, 1 ♀ en *E. amplifolium* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 31-X-1977, 4 ♀♀ en *Senecio salignus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 27-XII-1977, 1 ♀ en *S. salignus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 6-X-1977, 1 ♀ en *Senecio praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 26-XI-1977 1 ♀ en *Montanoa tomentosa* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 27-XII-1977, 1 ♀ en *M. tomentosa* (M.C. Mendieta); en IBUNAM; *Idem*, 5-IX-1977, 1 ♀ en *Geranium mexicanum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

N. variabilis (Beach, 1896)

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 4-XII-1973, 7 ♀♀, 2 ♂♂, 2 larvas en *Eupatorium breviceps* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem*, 31-X-1977, 1 ♀ en *Eupatorium cardiophyllum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 22-I-1978, 1 ♀ en *E. cardiophyllum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 8-II-1978, 8 ♀♀, 2 ♂♂ en *E. cardiophyllum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 27-IV-1978, 2 ♀♀ en *E. cardiophyllum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 20-III-1978, 1 ♀ en *Stevia rhombifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 2-IV-1978, 2 ♀♀, 1 ♂ en *S. rhombifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 8-II-1978, 2 ♀♀ en *Eucalyptus globulus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 26-XI-1977, 1 ♀ en *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

Tribu Dendrothripini Priesner, 1926

Género *Leucothrips* Reuter, O. M. 1904

L. furcatus Hood, 1931

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2540 m. 13-II-1980, 1 ♀ en *Senecio praecox* (H. Rivera), en IBUNAM.

Tribu Chirothripini (Karny) Priesner, 1957

Género *Chirothrips* Haliday, 1836 *sensu*: zur Strassen, 1960.

Ch. falsus Priesner, 1925 b.

Esta especie fue originalmente descrita de ejemplares muestreados por el Dr. Alfonso Dampf en Tlalpan, Chapingo, Pedregal, Los Reyes (Estado de México y Desierto de Los Leones, de acuerdo con Priesner (1925b).

Material examinado. Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. en *Muhlenbergia* sp. (M.C. Mendieta en IBUNAM; *Idem*, en *Senecio salignus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem* en *Stevia serrata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

Suborden Tubulifera Haliday, 1836

Familia Phlaeothripidae, Uzel, 1895

Subfamilia Phlaeothripinae Karny, 1921

Tribu Haplothripini Priesner, 1960

Género *Adraneothrips* Hood, 1925

A. fuscicollis Hood, 1925

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 7-VIII-1977, 1 ♀ en *Eucalyptus globulus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

Género *Apterygothrips* Priesner, 1933 *sensu* Johansen & Mojica, 1993

A. nakaharai Johansen y Montes de Oca, 1989.

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 18-VII-1979, 1 ♀ en tronco de *Schinus molle* (H. Rivera), en IBUNAM.

Género *Karnyothrips* Watson, 1924

K. minimus (Johansen, 1974) (Fig. 8)

Material examinado. Holotipo ♂, Alotipo ♀, paratipos: 2 ♂♂. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2240 m. 23-IV-1974, en macollos de pasto *Muhlenbergia* sp. (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem*, 28-V-1977, 1 ♀ en *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

Género *Leptothrips* Hood, 1909 *sensu* Johansen 1987.

L. mcconnelli (D. L. Crawford, 1910)

Material examinado. Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2240 m. 29-XI-1973, 1 ♂ en *Senecio salignus* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem*, 2-II-1974, 1 ♂ en *Senecio praecox* (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 24-X-1977, 1 ♀ en *S. praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 24-X-1977, 1 ♀ en *S. praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 2-IV-1978, 1 ♀ en *S. praecox* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 15-V-1977, 1 ♂ en *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 18-IX-1977, 1 ♀ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 27-XII-1977, 1 ♀ en *B. cordata* ssp. *cordata* M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 8-I-1978, 2 ♀♀ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 20-III-1978, 2 ♀♀ en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 2-IV-1978, 1 ♀, 1 larva II en *B. cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 15-V-1977, 1 ♀ en *Muhlenbergia* sp. (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 18-IX-1977, 2 ♀♀ en *Muhlenbergia* sp. (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 2-IV-1978, 1 ♀ en *Muhlenbergia* sp. (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 15-V-1977, en *Reseda luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 2-IV-1978, 2 larva II en *R. luteola* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 26-VI-1977, 1 ♂ en *Eupatorium cardiophyllum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 24-XII-1977, 1 ♀ en *E. cardiophyllum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; 27-XII.1977, 1 ♀ en *Stevia serrata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 27-XII-1977, 1 ♀ en *Montanoa tomentosa* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 2-IV-1978, 1 larva en *M. tomentosa* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 2-IV-1978, 1 ♀ *Stevia rhombifolia* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 28-V-1978, 1 ♀ en *Eupatorium cardiophyllum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM;

L. costalimai (Johansen, 1974) (Fig. 9)

Material examinado. Holotipo ♀ macróptera, Alotipo ♂ macróptero, México, Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 30-IV-1974, en follaje verde y seco de *Muhlenbergia* sp. (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem*, 19-IV-1974, 1 ♀, 1 ♂ en follaje de pasto *Bouteloua* sp. (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 23-IV-1974, 1 ♂ en follaje de pasto *Bouteloua* sp. (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 30-IV-1974, 1 ♂ en follaje de *Bouteloua* sp. (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem*, 10-VI-1977, 1 ♀ en follaje de *Muhlenbergia* sp. (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 6-X-1977, 1 ♂ en follaje de *Muhlenbergia* sp. (M.C. Mendieta), en IBUNAM;



Fig. 8. *Karnyothrips minimus* Johansen. Adulto ♀



Fig. 9. *Leptothrips costalimai* (Johansen). Adulto ♂

Idem, 30-III-1978, 1 ♀ en follaje de *Muhlenbergia* sp. (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

L. papago Hood, 1939

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 10-VI-1977, 1 ♀, 1 ♂ en *Eupatorium cardiophyllum* (M.C. Mendieta),

en IBUNAM; *Idem*, 12-VII-1977, 1 ♀ en *Senecio salignus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; 6-X-1977, 1 ♀ en *Senecio salignus*, 1 ♂ en *Eupatorium amplifolium* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; 31-X-1977, 1 ♀ en *Senecio salignus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

Tribu Glyptothripini Priesner, 1960
 Género *Eurythrips*, Hinds, 1902
E. ampliventralis Hinds, 1902

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 7-VIII-1977, 1 ♀ en *Geranium mexicanum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

Tribu Hoplothripini Priesner, 1927
 Género *Gynaikothrips* Zimmermann, 1900
G. ficorum (Marchal 1908)

El "trips del laurel de Indias" es una plaga natural (formador de cecidios en las hojas de *Ficus retusa* donde ocurre su ciclo de vida completo, desde el huevecillo hasta los adultos de ambos sexos). Las larvas y adultos infligen tantas picaduras en las hojas que provocan su enrollamiento. El origen del *Gynaikothrips* y de su hospedero *Ficus retusa* está en la India, desde donde fue llevado paulatinamente hasta el sur de España y de ahí a Cuba. Su introducción en México debe haber ocurrido hace 100-200 años.

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. Campus de Ciudad Universitaria. 2-VIII-1974, 2 ♀♀, 2 ♂♂, 2 pupas, en follaje de *Ficus retusa* cv. *nitida* (William López Forment), en IBUNAM; *Idem*, 13-I.1987 11♀, 2 ♂♂ en follaje de *F. retusa* cv. *nitida* (C. Mendoza), en IBUNAM.

Género *Torvothrips* Johansen 1977.

T. tremendus (Johansen, 1976)
Rhynchothrips tremendus Johansen, 1976, combinación en *Torvothrips* por Johansen, 1980.

Material examinado. Holotipo ♀, Alotipo ♂; paratipos: 2 ♀♀, 4 ♂♂ México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. en el Cerro Zacatetépétl, 15-VII-1971 en ramas y follaje de *Quercus pulchella* (R. Mac Gregor), en IBUNAM; *Idem*, 28-XI.1978 3 ♀♀, 7 ♂♂,

1 pupa dentro de agallas de *Olliffiella* sp. en hojas de *Q. pulchella* (R. Mac Gregor y J. Butze), en IBUNAM.

Tribu Docessissophothripini Karny, 1921
 Género *Holothrips* Karny, 1911

H. anuahuacensis Johansen & Mojica, 1993

Material examinado. Holotipo ♀ macróptero, México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 1-VII-1976, en follaje seco de *Eucalyptus* sp. y *Schinus molle* (R. Medellín), en IBUNAM.

Subfamilia Idolothripinae Bagnall, 1908
 Tribu Compsothripini Hood, 1915
 Subtribu Compsothripina Karny, 1921
 Género *Compsothrips* Reuter, 1901 sensu Standard, 1976
Oedalothrips Hood, 1916, Sinonimizado por Mound y Palmer, 1983

Myrmecothrips Watson, 1920. Sinonimizado por Watson, 1924

Myrmecothrips Priesner, 1925. Sinonimizado por Hood, 1936.

Formicothris Priesner, 1928. Nombre nuevo para *Myrmecothrips* Priesner, ocupado por *Myrmecothrips* Watson

C. dampfi (Priesner, 1925)
Myrmecothrips dampfi, Priesner, 1925; combinación genérica nueva, por Hood, 1936

Esta especie fue descrita originalmente de un solo ejemplar adulto hembra, el Holotipo, recolectado el 25 de febrero de 1924 en Chapingo, Estado de México, por el Prof. Dr. Alfonso Dampf.

Material examinado. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2240 m. 5-IX-1977, 1 ♀ en *Senecio salignus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

Tribu Gastrothripina Priesner, 1961
 Género *Gastrothrips* Hood, 1912
Göetothrips Priesner, 1925 sinonimizado por Johansen, 1978b.

G. terrestris (Priesner, 1925)
Göetothrips terrestris Priesner, 1925, combinación por Johansen, 1978b

Nesothrips (Gastrothrips) gurdus Johansen, 1974,
sinonimizado por Johansen, 1978b.

Material examinado. Holotipo ♀ áptera, paratipos: 5 ♀♀ ápteras de *Nesothrips (Gastrothrips) gurdus* Johansen, 1974. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 19-IV-1974, en macollos secos de pasto *Bouteloua* sp. (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem*, 18-IV-1974, 4 ♀♀ ápteras, 2 larvas en pasto seco *Bouteloua* sp. (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem, Idem*, 30-IV-1974, 1 larva en macollo de pasto *Muhlenbergia* sp. (R.M. Johansen), en IBUNAM. *Idem*, 19-IV-1974, 1 ♀, 1 larva I, 1 larva II en macollo de pasto *Bouteloua* sp. (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem*, 30-IV-2004, 1 larva II en follaje de *Muhlenbergia* sp. (R.M. Johansen), en IBUNAM; *Idem*, 12-VIII-1974, 7 ♀♀, 2 larva I, 4 larvas II en follaje de *Muhlenbergia* sp. (R.M. Johansen), en IBUNAM. *Idem*, 28-V-1977, 2 ♀♀ en *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 26-VI-1977, ♀ en *Muhlenbergia* sp., 1 ♀ en *Acacia filicoides* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 24-VII-1977, 2 ♀♀, 1 larva II en follaje de *Muhlenbergia* sp. (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem et Ibidem*, 6-X-1977, 1 larva I en *Muhlenbergia* sp. (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 5-IX-1977, 1 larva II sobre *Calochortus barbatus* (M.C. Mendieta), en IBUNAM; *Idem*, 26-XI-1977, 1 ♀ en *Eupatorium pycnocephalum* (M.C. Mendieta), en IBUNAM.

G. anahuacensis (Johansen, 1978a)

Material examinado. Holotipo ♀ macróptera. México; Distrito Federal: Ciudad de México, Pedregal de San Ángel, 2542 m. 16-VIII-1973, en ramas y hojarasca seca de *Schinus molle* y *Eucalyptus* sp. (A.N. García), en IBUNAM.

Hábitos alimentarios

A continuación se revisarán los hábitos alimentarios de los trips de la Reserva, con base en los datos obtenidos.

Entre los trips micófagos en hojarasca secas de diversas plantas se encuentran los siguientes. Los consumidores de hifas o productos del metabolismo de los hongos, de acuerdo con Stannard (1968), son *Adraneothrips fuscicollis*, *Apterygothrips nakaharai*, *Karnyothrips minimus* (Fig. 8), *Holothrips anahuacensis* y *Eurythrips ampliventralis*. Por otra parte, los consumidores de esporas de hongos son *Compsothrips dampfi*, *Gastrothrips anahuacensis* en

hojarasca y *Gastrothrips terrestris* en macollos secos de pastos, de acuerdo con Stannard (1968).

Los trips fitófagos foliares y florales y sus plantas hospederas se presentan en la siguiente lista

I. ANACARDIACEAE.

Schinus molle L.: *Frankliniella simplex* y *Neohydatothrips signifer* (Figs. 6 y 7).

II. ASTERACEAE.

Ageratum corymbosum Zucc.: *Frankliniella minuta*, *F. symproricarpae* y *Thrips tabaci*.

Montanoa tomentosa Cerv.: *Frankliniella axochoglabra*, *F. bruneri*, *F. minuta*, *F. rostrata*, *F. simplex*, *Thrips australis* y *Neohydatothrips signifer* (Figs. 6 y 7)

Senecio salignus D.C.: *Frankliniella dubia*, *F. minuta*, *F. occidentalis*, *F. rostrata*, *F. simplex*, *Thrips australis*, *T. tabaci*, *Neohydatothrips rapoportii* (Figs. 4 y 5), *N. signifer* (Figs. 6 y 7) y *Chirothrips falsus*.

Senecio praecox D.C.: *F. axochoglabra*, *F. borinquen*, *F. brunescens*, *F. carmenmendietae* (Fig. 1), *F. dubia*, *F. gossypiana*, *F. minuta*, *F. occidentalis*, *F. rostrata*, *F. simplex*, *Thrips australis*, *T. tabaci*, *Neohydatothrips rapoportii* (Figs. 4 y 5), *N. signifer* (Figs. 6 y 7) y *Leucothrips furcatus*.

Stevia rhombifolia H.B.K.: *Frankliniella dubia*, *F. brunescens*, *F. minuta*, *F. occidentalis*, *F. rostrata*, *Neohydatothrips rapoportii* (Figs. 4 y 5) y *N. variabilis*.

Stevia salicifolia Cav.: *Frankliniella minuta* y *F. occidentalis*.

Stevia serrata Cav.: *Frankliniella minuta*, *F. simplex*, *Thrips tabaci* y *Chirothrips falsus*.

Eupatorium amplifolium A. Gr.: *Frankliniella dubia*, *Thrips tabaci* y *Neohydatothrips signifer* (Figs. 6 y 7).

Eupatorium amplifolium: *Frankliniella minuta*.

Eupatorium breviceps D. C.: *Neohydatothrips variabilis*.

Eupatorium cardiophyllum: *Frankliniella rostrata*, *F. simplex*, *Neohydatothrips signifer* (Figs. 6 y 7) y *N. variabilis*.

Eupatorium pycnocephalum Less.: *Frankliniella minuta* y *F. simplex*.

Tagetes triradiata Greenm.: *Frankliniella minuta*.

Tagetes peduncularis: *Frankliniella brunnea*, *F. copilcoensis* y *F. minuta*.

Tithonia tubaeiformis (Jacq.) Cas.: *Frankliniella minuta*.

III. CESALPINIACEAE

Cassia laevigata Willd.: *Frankliniella dubia* y *F. simplex*.

IV. FABACEAE

Phaseolus coccineus L.: *Thrips tabaci*.

V. FAGACEAE

Quercus sp.: *Frankliniella fallaciosa*.

VI. GERANIACEAE

Geranium mexicanum H.B.K.: *Frankliniella dubia* y *Neohydatothrips signifer* (Figs. 6 y 7).

VII. HYDROPHYLLACEAE

Wigandia urens H.B.K.: *F. dubia*, *F. fortissima*, *F. minuta*, *F. occidentalis* y *F. rostrata*.

VIII. LILIACEAE

Milla biflora Cav.: *Frankliniella dubia*.

IX. LOGANIACEAE

Buddleja cordata ssp. *cordata* Roem. et Sch.: *Frankliniella dubia*, *F. fallaciosa*, *F. minuta*, *F. rostrata*, *Thrips australis*, *Neohydatothrips rapoportii*

(Figs. 4 y 5), *N. signifer* (Figs. 6 y 7) y *N. variabilis*.

X. LYTHRACEAE

Cuphea sp.: *Frankliniella dubia*.

Cuphea aequipetala Cav.: *Exophthalmothrips chiapensis*, *E. fulvipennis* y *Frankliniella rostrata*.

XI. MIMOSACEAE

Acacia filicoides (Cav.) Trel.: *Frankliniella brunnescens*.

XII. MORACEAE

Ficus retusa cv. *Nitida* Thumb.: *Gynaikothrips ficorum*.

XIII. MYRTACEAE

Eucalyptus globulus Labiell.: *Thrips australis*, *Neohydatothrips rapoportii* (Figs. 4 y 5), *Neohydatothrips variabilis*.

XIV. ONAGRACEAE

Oenothera rosae Ait.: *Frankliniella axochcoglabra*, *F. bruneri* y *F. dubia*.

XV. PHYTOLACCACEAE

Phytolacca octandra L.: *Frankliniella minuta*, *F. simplex* y *Thrips australis*.

XVI. POACEAE

Bouteloua sp.: *Bregmatothrips difficilis* y *Kurtomathrips anahuacensis* (Fig. 2).

Callochortus barbatus (H. B. K) Painter: *Gastrothrips terrestris*.

Muhlenbergia robusta (Fourn.) Hitch.: *Frankliniella minuta* y *F. spinosa*.

Muhlenbergia sp.: *Anaphothrips nanus*, *Bregmatothrips difficilis*, *Plesiothrips tricolor* (Fig. 3) y *Chirothrips falsus*.

XVII. RESEDACEAE

Reseda luteola L.: *Frankliniella bruneri*, *F. brunnescens*, *F. dubia*, *F. minuta*, *F. occidentalis*, *F. rostrata*, *F. simplex* y *Thrips tabaci*.

XVIII. SCROPHULARIACEAE

Lamourouxia tenuifolia Mart. et Gal.: *Frankliniella dubia*, *F. minuta* y *F. simplex*.

Lamourouxia sp.: *Exophthalmothrips chiapensis*, *E. fulvipennis*, *Frankliniella minuta*,

F. occidentalis y *F. rostrata*.

Penstemon campanulatus Willd.: *Frankliniella dubia*.

XIX. RUBIACEAE

Bouvardia ternifolia (Cav.) Schl.: *Exophthalmothrips chiapensis*, *E. fulvipennis*, *Frankliniella dubia*, *F. copilcoensis*, *F. insularis*, *F. minuta*, *F. simplex*, *Thrips australis*, *T. tabaci* y *Neohydatothrips signifer* (Figs. 6 y 7).

Entre los trips depredadores, se encuentran *Leptothrips costalimai* (Fig. 9), *L. macconnelli* y *L. papago*, de acuerdo con Johansen (1987) y Johansen y Mojica (1997).

Finalmente, entre los trips parasitoides se encuentra *Torvothrips tremendus* en agallas de *Olliffiella* sp., de acuerdo con Johansen y Mojica (1997).

Conclusiones

1. Se hace el estudio de revisión de 44 especies de insectos tisanópteros encontrados en el Pedregal de San Ángel (Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria), de ellas 31 pertenecen a 10 géneros en el Suborden Terebrantia, mientras que 13 pertenecen a 10 géneros en el Suborden Tubulifera.

2. Cinco especies son micófagas consumidoras de hifas y productos de su metabolismo, tres especies son consumidoras de hongos, 31 especies son fitófagas foliares y florales, tres especies son depredadoras de otros trips fitófagos y una es parasitoide.

3. Los tisanópteros fitófagos foliares y florales fueron muestreados en un total de 19 familias en 27 géneros, con un total de 37 especies.

4. El género *Frankliniella* incluye 18 especies y es así el género con la mayor diversidad de especies, seguido de los géneros *Neohydatothrips* y *Leptothrips* con tres especies cada uno, mientras que *Exophthalmothrips* y *Thrips* sólo incluyen dos especies cada uno.

5. La familia más importante para los trips fitófagos foliares y florales es Asteraceae, con siete géneros y 15 especies como microhabitat de tisanópteros; le siguen: Poaceae (tres géneros, cuatro especies) y Scrophulariaceae (dos géneros, dos especies).

6. Las especies de plantas con mayor diversidad de especies de trips fitófagos y depredadores son: *Senecio praecox* (16 especies), *Bouvardia ternifolia* (10 especies), *Reseda luteola* (nueve) y *Buddleja cordata* ssp. *cordata* (nueve).

7. Existen tres especies introducidas desde el Viejo Mundo, dos del género *Thrips* (*T. tabaci* es una plaga del follaje de ajos y cebollas, pero además es vector de enfermedades virales en las plantas) y una del género *Gynaikothrips*.

8. El presente estudio es revelador de una diversidad de trips y plantas hospederas típicas del Valle de México, aunque faltan varias especies que se han hallado en otras partes del mismo Valle, así como en las montañas que lo circundan.

Agradecimientos

Nuestro reconocimiento y agradecimiento, por sus aportaciones en trabajo de campo y ejemplares de tisanópteros donados, a los siguientes colegas: María del Carmen Mendieta Sevilla (†1986), William López-Forment Conrad, Alfonso Delgado Salinas, Rodrigo Medellín, Alfonso N. García y Héctor Rivera. A Carmen Loyola Blanco, por su ayuda en la elaboración de las fotomicrografías.

Literatura Citada

- JOHANSEN, R. M. 1974a. Nuevos tisanópteros mexicanos del género Haplothrips (Thysanoptera: Phlaeothripidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*. **3**: 54-68.
- JOHANSEN, R. M. 1974b. Siete nuevos tisanópteros de Tabasco, Veracruz, y el Pedregal de San Ángel, México, D.F. (Thysanoptera: Terebrantia; Tubulifera). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. **35**: 249-276.
- JOHANSEN, R. M. 1976. Dos nuevas especies de trips (Thysanoptera: Thripidae) del Pedregal de San Ángel, México, D.F. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica*. **45**: 75-82.
- JOHANSEN, R. M. 1977. Una nueva especie de Bregmatothrips Hood (Thysanoptera: Thripidae) del Pedregal de San Ángel, México, D. F. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica*. **46**: 45-52.
- JOHANSEN, R. M. 1978a. Nuevos thrips tubulíferos (Insecta: Thysanoptera), de México, *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica*. **47**: 57-68.
- JOHANSEN, R. M. 1978. Notas sinonímicas acerca de tisanópteros de México, *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica*. **49**: 277-280.
- JOHANSEN, R. M. 1978c. Nuevos thrips tubulíferos (Insecta: Thysanoptera), de México, II. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica*. **47**: 69-82
- JOHANSEN, R. M. 1980. A revision of the North-American Thysanoptera genus Torvothrips inhabiting Olliffiella galls in Quercus *Folia Entomologica Mexicana*. **44**: 19-38
- JOHANSEN, R. M. 1983. Nuevos thrips (Insecta: Thysanoptera; Terebrantia, Thripidae: Thripinae), de la Sierra Madre Oriental y el Eje Volcánico Transversal, de México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica*. **53**: 159-178
- JOHANSEN, R. M. 1987. El género Leptothrips Hood, 1909 (Thysanoptera: Phlaeothripidae) en el Continente Americano su Sistemática, Evolución, Biogeografía, Ecología y Biología. *Monografías del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*. **3**: 1-246
- JOHANSEN, R. M. 2000. The Mexican Frankliniella paricutinensis sp. nov. Species assemblage, in the "Intonsa Group" (Insecta, Thysanoptera: Thripidae). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*. **80**: 1-49
- JOHANSEN, R. M. Y A. MOJICA-GUZMÁN. 1993a. Nuevos thrips tubulíferos (Insecta: Thysanoptera) de México. XV. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica*. **64**: 17-37
- JOHANSEN, R. M. Y A. MOJICA-GUZMÁN. 1993b. The New World species of Apterygothrips Priesner (Insecta, Thysanoptera: Phlaeothripidae, Haplothripini). *Redia*. **76**: 241-261
- JOHANSEN, R. M. Y A. MOJICA-GUZMÁN. 1997. Reconsideración del concepto de depredador y parasitoide en tisanópteros mexicanos (Insecta) de interés en control biológico natural. *Folia Entomologica Mexicana*. **97**: 21-38
- JOHANSEN, R. M. Y A. MOJICA-GUZMÁN. 2003. The Mexican Frankliniella aurea Moulton, F. bisetaevenusta sp. nov., and F. prothoraciglabra sp. nov. Species assemblages in the "Intonsa Group" (Insecta, Thysanoptera: Thripidae). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*. **89**: 201-240
- JOHANSEN, R. M. Y M. L. MONTES DE OCA. 1993. Nuevos thrips tubulíferos (Insecta: Thysanoptera), de México. XIV. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica*. **60**: 341-358

- MENDIETA-SEVILLA, M. C. 1981. Contribución al conocimiento de los trips (Insecta: Thysanoptera), del Pedregal de San Ángel, México, D. F. con datos sistemáticos y ecológicos. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MOULTON, D. 1936. New American Thysanoptera. *The Pan Pacific Entomologist*. (1935). **11**: 170-174
- MOULTON, D. 1948. The genus *Frankliniella* Karny, with keys for the determination of species (Thysanoptera). *Revista de Entomologia. (Rio de Janeiro)*.**19**: 55-114
- MOUND, L. A. Y J. M. PALMER. 1983. The generic and tribal classification of spore-feeding Thysanoptera (Phlaeothripidae: Idolothripinae). *Bulletin British Museum Natural History (Entomology)*. **46**: 1-174
- NAKAHARA, S. 1988. Generic reassignments of North American species Currently assigned to the genus *Sericothrips* Haliday (Thysanoptera: Thripidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, **90**: 480-483
- NAKAHARA, S. 1994. The genus *Thrips* Linnaeus (Thysanoptera: Thripidae) of the New World. *United States Department of Agriculture, Technical Bulletin*. **1822**: 1-183
- NAKAHARA, S. 1997. Annotated list of the *Frankliniella* species of the World (Thysanoptera: Thripidae). *Contributions on Entomology, International*. **2**: 355-389
- PRIESNER, H. 1924. Neue Thysanopteren. Sitzungsberichte der Kaiserlichen. *Academie der Wissenschaften*. **133**: 527-542
- PRIESNER, H. 1925a. Un género nuevo y curioso del Orden Physopodos o thysanópteros (Insectos) de México. *Memorias de la Sociedad Antonio Alzate*. **44**: 485-489.
- PRIESNER, H. 1925b. Thysanopterologica I. *Zoologisches Jahrbucher*. **50**: 306-319
- PRIESNER, H. 1932. Neue Thysanopteren aus Mexiko, gessammelt von Prof. Dr. A. Dampf. I Teil. *Wiener Entomologischer Zeitung*. **49**: 170-185
- PRIESNER, H. 1933a. Neue exotische Thysanopteren. *Stylops*. **2**: 145-156
- PRIESNER, H. 1933b. Neue Thysanopteren aus Mexiko, gesammelt von Prof. Dr. A. Dampf. *Wiener Entomologischer Zeitung*. **50**: 49-63
- PRIESNER, H. 1960. Das System der Tubulifera (Thysanoptera). *Österreichischen Akademie der Wissenschaften Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse*. **97**: 283-297
- RETANA-SALAZAR, A. P. 1998. Restablecimiento de los géneros *Frankliniella*, *Exopthalmothrips* y *Bolbothrips* (Thysanoptera: Thripidae). *Revista de Biología Tropical*. **46**: 385-396
- SAKIMURA, K. 1981. A review of *Frankliniella bruneri* Watson and description of *F. kelliiae* n. sp. (Thysanoptera: Thripidae). *Florida Entomologist*. **64**: 483-491.
- SAKIMURA, K. Y K. O' NEILL. 1976. *Frankliniella*, redefinition of genus and revision of the minuta group species (Thysanoptera: Thripidae). *U. S. Department of Agriculture, Technical Bulletin* **1572**: 1-49
- STANNARD, L. J. 1968. The thrips, or Thysanoptera, of Illinois. *Bulletin Illinois Natural History Survey*. **29**: 215-552
- STANNARD, L. J. 1976. A Synopsis of Some Ant-Mimicking Thrips, with Special Reference to the American Fauna (Thysanoptera: Phlaeothripidae: Idolothripinae). *Journal of the Kansas Entomological Society*. **49**: 492-508
- STRASSEN, ZUR R. 1960. Key to and catalogue of the known species of *Chirothrips* Haliday, 1836 (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*. **23**: 145-176.

Herpetofauna

Fausto Roberto Méndez de la Cruz , Aníbal Helios Díaz de la Vega Pérez y Víctor Hugo Jiménez Arcos

Departamento de Zoología, Instituto de Biología,
Universidad Nacional Autónoma de México
faustor@ibiologia.unam.mx

Introducción

México ostenta el título de país megadiverso, siendo los anfibios y reptiles pilares importantes para sostener el cuarto lugar de siete países enlistados, donde cada uno posee el 10% de la riqueza biológica mundial (Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2004). Cuenta con el tercer lugar en anfibios con 393 especies y subespecies y el segundo lugar en reptiles con 1234 especies y subespecies registradas (Liner, 2007). Cabe señalar que el 60% de esta riqueza es endémica del país (Vázquez Díaz y Quintero Díaz, 2005). Esta diversidad es explicada por la variada topografía, la historia geológica, la diversidad de climas y la zona de contacto de las áreas biogeográficas de América (neártica y neotropical; Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2004). Sin embargo, una de las preocupaciones recientes es la conservación de la riqueza faunística. Diversos anfibios y reptiles habitan la cuenca de México y son abundantes no solo en riqueza de especies sino también en número. Sin embargo, la herpetofauna de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) ha sido poco estudiada. Solamente hay cuatro trabajos que han abordado la zona, el primero registra seis especies de reptiles (Díaz, 1961), el segundo es un estudio más completo y registra 13 especies de anfibios y reptiles (Sánchez-Herrera, 1980) y el tercero y cuarto estudian regiones pequeñas del área (Méndez de la Cruz *et al.*, 2006 y Méndez de la Cruz *et al.*, 2007).

Desafortunadamente es evidente el decremento del Pedregal de San Ángel a raíz de la expansión de la Ciudad de México. La creciente presión que ejerce el desarrollo

humano a través de la extensión urbana, las modificaciones de uso de suelo y la introducción de fauna doméstica feral al Pedregal de San Ángel hacen necesarios estudios detallados de la región. Es probable que algunas de las especies registradas previamente hayan desaparecido, que se hayan introducido especies alóctonas como lo registran estudios previos (Méndez de la Cruz *et al.* 2006 y Méndez de la Cruz *et al.* 2007) e incluso que se haya modificado la distribución de las poblaciones. Por lo tanto, el presente estudio tiene el propósito de hacer una recopilación de la información disponible en publicaciones y colecciones herpetológicas, complementada con trabajo de campo, para obtener el listado herpetofaunístico actualizado del Pedregal de San Ángel y generar el interés de la comunidad científica para desarrollar estudios específicos que pudieran redundar en el mejor conocimiento de la zona y su conservación. Además discute el estatus dentro de la NOM de las especies registradas y plantea una revaloración de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, considerando su importancia como zona de protección de la herpetofauna.

Métodos

Para determinar la riqueza de especies se realizó una revisión bibliográfica, se consultó la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología (CNAR) y la Colección del Museo de Zoología "Alfonso Luís Herrera" de la Facultad de Ciencias de la UNAM (CMZFC) y se realizó trabajo de campo en diversas áreas en la zona de estudio.

Resultados y discusión

La herpetofauna del derrame del Xitle, en donde se ubica el Pedregal de San Ángel, esta compuesta por 30 especies, 20 géneros, 13 familias, 4 órdenes y 2 clases (Tabla 1). Esto representa el 60% de la herpetofauna registrada para el Valle de México (Méndez-de la Cruz y Jiménez-Arcos, en preparación). La herpetofauna total

de esta zona se concentra en un pequeño territorio que en extensión representa el 0.48% del total del Valle de México. La riqueza de anfibios y reptiles presentes en el Pedregal de San Ángel, fortalece la gran importancia de esta área para la conservación de la biodiversidad y muy particularmente de la herpetofauna (Tabla 2), (Méndez-de la Cruz y Jiménez-Arcos, en preparación).

Tabla 1. Composición de la herpetofauna por órdenes, familias, géneros y especies; el número representa el % de especies con relación al total registrado del Pedregal de San Ángel y derrame del Xitle.

	Familias	Géneros	Especies
Anfibios			
Caudata	1	2	3 – 10%
Anura	4	4	4 – 13.3%
Reptiles			
Testudines	2	2	2 – 6.6%
Lagartijas	2	3	7 – 23.3%
Serpientes	4	9	14 – 46.6%
Total	13	20	30-100%

Tabla 2. Numero de especies de anfibios y reptiles registradas para el Valle de México, REPSA y extensión territorial de ambas zonas. * Porcentaje de la herpetofauna de la REPSA en comparación con el Valle de México.

	Anfibios	Reptiles	Total	Área (hectáreas)	Referencia
Valle de México	17	33	50	49, 143	Jiménez-Arcos y Méndez-de la Cruz, (en proceso)
Derrame del Xitle	7	23	30 (*60%)	8,000	Presente estudio
REPSA	6	15	21 (*42%)	237	Presente estudio

Especies endémicas

Del total de especies registradas en el derrame del Xitle (incluyendo al Pedregal de San Ángel), 23 (76.6%) son endémicas a México. Por lo tanto, esta herpetofauna constituye una de las más importantes para el país, considerando que: a) alberga más de la mitad de especies registradas para el Valle de México y, b) presenta un alto porcentaje de endemismos, donde destacan *Syrrophus grandis*, *Sceloporus palaciosi* y *S. anahuacus*, y, tomando en cuenta que su distribución está restringida y ligada a las zonas rocosas de las serranías del sur de la ciudad de México.

A continuación se presenta el listado taxonómico de la herpetofauna del Pedregal de San Ángel, seguido de una monografía de cada especie:

ANFIBIOS

ORDEN CAUDATA (salamandras)

Nombre científico: *Chiropterotriton chiropterus* (Cope, 1863) (Fig. 1).

Nombre común: salamandra, tlaconete o salamandra de pie plano



Fig. 1. *Chiropterotriton chiropterus* (Cope, 1863). Salamandra, tlaconete o salamandra de pie plano. Foto Cesar Barrio Amorós.

Es nativa del Pedregal de San Ángel y se encuentra desde los 2480 hasta los 3000 m de altura. Se distribuye en el Distrito Federal, Estado de México, Veracruz y Morelos (Uribe-Peña *et al.*, 1999; Castro-Franco y Bustos-Zagal, 2006). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Sujeta a protección especial.

Nombre científico: *Pseudoeurycea cephalica cephalica* (Cope, 1965) (Fig. 2).

Nombre común: salamandra o tlaconete regordete

Se puede encontrar en áreas naturales de montañas, debajo de troncos caídos y hojarasca en el bosque de coníferas de temperatura templada y húmedo donde se alimenta de insectos (Uribe-Peña *et al.*, 1999). Es nativa del Pedregal de San Ángel, en donde se distribuye a los 2240 msnm (Sánchez-Herrera, 1980; Uribe-Peña *et al.*, 1999). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: No endémica / Amenazada.



Fig. 2. *Pseudoeurycea cephalica cephalica* (Cope, 1965). Salamandra o tlaconete regordete. Foto Fausto R. Méndez.

Nombre científico: *Pseudoeurycea leprosa* (Cope, 1869) (Fig. 3).

Nombre común: salamandra de montaña

Salamandra endémica de México. Se encuentra en zonas templadas de bosques de encino, de pino y derrames basálticos y barrancas. Generalmente se encuentran en lugares húmedos con musgo, debajo de troncos caídos o en medio de la hojarasca, grietas de rocas o en túneles

profundos en el suelo húmedo. Se ha observado activa en el Jardín Botánico durante noches lluviosas de verano. Es nativa del Pedregal de San Ángel y se distribuye desde los 2240 hasta 3010 msnm. Se localiza en zonas montañosas de la sierra madre occidental y la cordillera volcánica (Uribe-Peña *et al.*, 1999; Castro-Franco y Bustos-Zagal, 2006). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Amenazada.



Fig. 3. *Pseudoeurycea leprosa* (Cope, 1869). Salamandra de montaña. Foto Fausto R. Méndez.

ORDEN ANUROS (ranas y sapos)

Nombre científico: *Lithobates montezumae* (Baird, 1854) (Fig. 4).



Fig. 4. *Lithobates montezumae* (Baird, 1854). Rana verde. Foto Rafael Lara.

Nombre común: rana verde

Se encuentra en ambientes acuáticos en bosques de encinos, bosques espinosos, matorral xerófilo y en ocasiones puede encontrarse en zonas alteradas. Habita desde los 2000 hasta los 2240 msnm en el pedregal de San Ángel. Ocupa las orillas de lagunas o estanques entre la vegetación o en espacios abiertos. Presenta actividad nocturna, pero puede encontrarse durante el día en las primeras horas de la mañana. Se alimenta de insectos, arácnidos, anélidos y crustáceos. La reproducción de estos organismos es de julio a septiembre; colocan sus huevos en ramas de la vegetación sumergida (Frías Álvarez, 2005). Fue introducida al Pedregal de San Ángel y se localiza en el Jardín Botánico y en la Cantera Oriente. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Sujeta a protección especial.

Nombre científico: *Hyla arenicolor* Cope, 1866 (1967) (Fig. 5).

Nombre común: rana de roca



Fig 5. *Hyla arenicolor* Cope, 1866 (1967). Rana de roca. Foto Fausto R. Méndez.

Frecuentemente se encuentran en los hábitats semi-áridos, bosques de pino-encino o espinosos, en áreas rocosas, arbustos, cañadas y cerca de una fuente de agua permanente o en sustratos como la piedra caliza, granito y sustratos de lava. Desde los 910 hasta los 2900 msnm (Sánchez-Herrera, 1980; Vázquez-Díaz y Quintero-Díaz, 2005). Es nativa del Pedregal de San Ángel a

2240 msnm. Desafortunadamente sus poblaciones han sido diezgadas dramáticamente en los últimos años. De manera natural esta rana es una especie de muy amplia distribución, desde las áreas rocosas de la meseta de Estados Unidos, pasando por el altiplano de México hasta el sur en Oaxaca (Vázquez-Díaz y Quintero-Díaz, 2005; Lemos-Espinal y Smith, 2007). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: No endémica / Sin protección.

Nombre científico: *Spea multiplicatus* (Cope, 1863) (Fig. 6).

Nombre común: sapo con espuelas, sapo cavador o sapo de desierto

Se encuentra en zonas de desierto, praderas, pastizales, bosques de coníferas e incluso en zonas de cultivo; durante la hibernación son organismos fosoriales. Tienen actividad nocturna, pasando la mayoría de su tiempo enterrados y emergiendo en los períodos de precipitación durante el verano para alimentarse de insectos y reproducirse. La reproducción y el desarrollo de los huevos ocurre en pozas temporales formadas por la lluvia. Realizan la metamorfosis rápidamente, antes de que el agua se evapore y se alimentan de artrópodos (Woolrich-Piña *et al.*, 2005). Es una especie introducida a la Reserva del Pedregal de San Ángel y fue encontrada en la zona de la Reserva Territorial Suroriente (2240 msnm). La zona más cercana en donde ocurría naturalmente es en la región de Xochimilco. La distribución general de esta especie es amplia y abarca desde el sur de Estados Unidos, norte de México, el Altiplano Mexicano, Eje Neovolcánico Transversal hasta el suroeste de México



Fig. 6. *Spea multiplicatus* (Cope, 1863). Sapo con espuelas. Foto Eric Centenero.

(Woolrich-Piña *et al.*, 2005; Lemos-Espinal y Smith, 2007). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: No endémica / Sin protección.

Nombre científico: *Syrhophus grandis* (Davis y Dixon, 1955).

Nombre común: sapo o rana fisgona

Se encuentran en derrames de lava ocupando las grietas de las rocas y las pozas que se forman en la estación de lluvias y en zonas de cultivo aledañas a rocas. Se restringe a los derrames volcánicos cercanos a la ciudad de México en la zona de malpaís a los 2240 m de altura en las delegaciones de Tlalpan, Álvaro Obregón y el Estado de México en la localidad de San Martín, distribuidos a una altura de 2600 m aproximadamente. Los últimos registros en colección que se tienen de esta especie fueron en la década de 1980 dentro de Ciudad Universitaria y el Pedregal de San Ángel. Afortunadamente hoy en día es común escuchar sus "cantos" en noches lluviosas en áreas poco perturbadas. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica del Pedregal** / Sujeta a protección especial.

REPTILES

ORDEN SQUAMATA (lagartijas)

- Familia Anguidae

Nombre científico: *Barisia imbricata* (Wiegmann, 1828) (Fig. 7).

Nombre común: escorpión o alicante

Nativa del Pedregal de San Ángel, se encontraba desde las inmediaciones del cerro Zacatepetl (2280 msnm) hasta el Xitle (3000 msnm), sin embargo en la actualidad su distribución parece haber sido restringida a las regiones altas. Su distribución en general es en la parte central de México. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Sujeta a protección especial.



Fig. 7. *Barisia imbricata* (Wiegmann, 1828). Escorpión o alicante. Foto Fausto R. Méndez.

- Familia Phrynosomatidae

Nombre científico: *Sceloporus aeneus* Wiegmann, 1828 (Fig. 8).

Nombre común: lagartija de pastizal

Los ambientes donde se encuentran son pastizales de bosques de pino y encino (Benabib *et al.*, 1997). Esta especie es de hábitos diurnos, se alimenta principalmente de insectos. Es ovípara, su actividad reproductora comprende los meses de marzo a agosto (Rodríguez-Romero *et al.*, 2002). Se localizan en la parte alta del derrame del Xitle a 3000 msnm, restringiéndose al eje neovolcánico transversal, con un intervalo altitudinal que va de



Fig. 8. *Sceloporus aeneus* Wiegmann, 1828. Lagartija de pastizal. Hembra Foto Fausto R. Méndez.

los 2250 a los 3100 msnm (Benabib *et al.*, 1997). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Sin protección.

Nombre científico: *Sceloporus anahuacus* Lara-Góngora, 1983 (Fig. 9).

Nombre común: lagartija de árbol

Es una lagartija de talla pequeña, con una longitud hocico cloaca de 49.33 mm y 109 de longitud total. Presenta de 65 a 83 escamas dorsales pequeñas, quilladas irregularmente dispuestas en series paralelas. En la parte dorsal presenta un color pardo o grisáceo con cinco pares de líneas oscuras transversales separadas. El primer par de líneas forman un anillo en la nuca. Presentan parches latero-ventrales de color azul claro bordeados por una región oscura y están separados por una línea media de color claro (Lara-Góngora, 1983). Se encuentra en áreas abiertas, en bosques de pino relativamente secos desde los 2800 m hasta los 3400. Habitan en troncos de árboles caídos y en rocas. Se alimentan de insectos y son vivíparas. En general su distribución esta limitada a algunas porciones de la altiplanicie mexicana en el Distrito Federal y partes del Estado de México (Lara-Góngora, 1983). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Sin protección especial.



Fig. 9. *Sceloporus anahuacus* Lara-Góngora, 1983. Lagartija de árbol. Foto Fausto R. Méndez.

Nombre científico: *Sceloporus grammicus microlepidotus* Wiegmann, 1834 (Fig. 10).

Nombre común: lagartija de árbol

Se encuentra en una gran diversidad de hábitats y es común en sitios perturbados y en asentamientos humanos. Generalmente se le encuentra asociado a rocas, tocones, árboles y nopales (Sánchez-Herrera, 1980; Uribe-Peña *et al.*, 1999; Lemos-Espinal y Smith, 2007). Se alimentan de insectos. Organismos vivíparos, la preñez inicia en noviembre y los nacimientos son entre mayo y junio del siguiente año, con un periodo de 8 meses de gestación (Martínez, 1985; Sánchez-Herrera, 1980). En el Pedregal de San Ángel se han observado crías durante el invierno y principios de primavera. Se encuentra en la parte baja del Pedregal de San Ángel desde 2240 hasta los 2500 msnm. Es una especie de amplia distribución, desde el sur de E.U.A., hasta Oaxaca. Habita altitudes desde el nivel de 80 hasta 4600 msnm (Vázquez-Díaz y Quintero-Díaz, 2005; Lemos-Espinal y Smith, 2007). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: No endémica / Sujeta a protección especial.



Fig. 10. *Sceloporus grammicus microlepidotus* Wiegmann, 1834. Lagartija de árbol. Foto Rafael Lara.

Nombre científico: *Sceloporus palaciosi* Lara-Góngora, 1983.

Nombre común: lagartija

Se encuentra en bosques húmedos y densos de *Abies religiosa* y bosques mixtos de *Pinus*, *Quercus* y *Cupressus*.

Son organismos diurnos que se alimentan de insectos y se pueden encontrar perchando en troncos de árboles caídos, tocones y árboles muertos en bosques mixtos de pinos. Se ha encontrado en el volcán Xitle a 3000 msnm. En general se localiza en el Ajusco desde las zonas bajas hasta altas elevaciones, además de Ocuilan y Sierra Nevada en el estado de México y el Distrito Federal, desde los 2700 m hasta 4400 m (Lara-Góngora, 1983). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Sin protección especial.

Nombre científico: *Sceloporus torquatus* Wiegmann, 1828 (Fig. 11).

Nombre común: lagartija de collar

Se distribuye en el norte y centro de México (Uribe-Peña *et al.*, 1999; Sánchez-Herrera, 1980). Habita desde los 2240 hasta los 2580 m de altura en el Pedregal de San Ángel, es abundante en zonas moderadamente perturbadas y a las orillas de la Reserva. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Sin protección especial.



Fig. 11. *Sceloporus torquatus* Wiegmann, 1828. Lagartija de collar. Foto Fausto R. Méndez.

Nombre científico: *Phrynosoma orbiculare* (Linnaeus, 1758) (Fig. 12).

Nombre común: camaleón, tapayaxin o sapo cornudo

Se puede encontrar en un gran intervalo de elevaciones, desde 1350 hasta 3500 msnm aproximadamente, dentro de las planicies y montañas del centro de México y al

norte en el corredor de la sierra madre occidental, oriental y el eje neovolcanico (Uribe-Peña *et al.*, 1999; Méndez de la Cruz *et al.*, 2003; Vázquez-Díaz y Quintero-Díaz, 2005; Lemos-Espinal y Smith, 2007). Una población se encontraba en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, por lo que su distribución abarcaba desde los 2240 hasta 2850 m de altura. Desafortunadamente en la parte baja parece haberse extirpado ya que el último ejemplar fue visto hace 20 años aproximadamente en las inmediaciones de la Zona Cultural. En la parte alta del derrame del Xitle aun es posible observar algunos ejemplares. La distribución general de la especie abarca desde la meseta norteña de Coahuila, pasando por la meseta central de México y llegan hasta Guerrero (Sánchez-Herrera, 1980; Uribe-Peña *et al.*, 1999; Méndez de la Cruz *et al.*, 2003; Vázquez-Díaz y Quintero-Díaz, 2005; Lemos-Espinal y Smith, 2007). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Amenazada.



Fig. 12. *Phrynosoma orbiculare* (Linnaeus, 1758). Camaleón, tapayaxin o sapo cornudo. Foto Fausto R. Méndez.

(Serpientes)

- Familia Colubridae

Nombre científico: *Pituophis deppei deppei* (Duméril, Bibron y Duméril, 1854) (Fig. 13).

Nombre común: culebra ratonera, cincuate o alicante

Se encuentran en tierras altas y valles de montañas en un límite de 1500-2600 msnm. Es frecuente encontrarlas

en el Pedregal de San Ángel a los 2240 msnm. La especie se distribuye desde Chihuahua hasta Puebla (Sánchez-Herrera, Uribe-Peña *et al.*, 1999; Vázquez-Díaz y Quintero-Díaz, 2005; Lemos-Espinal y Smith, 2007). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Amenazada.



Fig 13. *Pituophis deppei deppei* (Duméril, Bibron y Duméril, 1854). Culebra ratonera, cincuate o alicante. Foto Anibal Díaz de la Vega.

Nombre científico: *Thamnophis cyrtopsis cyrtopsis* (Kennicott, 1860).

Nombre común: culebra de agua

Su distribución natural abarca la Reserva del Pedregal de San Ángel a los 2240 m de altura (Vázquez-Díaz y Quintero-Díaz, 2005; Woolrich-Piña *et al.*, 2005; Lemos-Espinal y Smith, 2007). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: No endémica / Amenazada.

Nombre científico: *Thamnophis eques eques* (Reuss, 1834).

Nombre común: culebra de agua

Se pueden encontrar desde los 300 hasta más de 2000 msnm. Aunque no se había registrado previamente, parece ser originaria del Pedregal de San Ángel a los 2240 m de altura (Uribe-Peña *et al.*, 1999). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: No endémica / Amenazada.

Nombre científico: *Tamnophis scaliger* (Jan, 1863) (Fig. 14).



Fig. 14. *Thamnophis scaliger* (Jan, 1863).
Culebra de agua. Foto Fausto R. Méndez.

Nombre común: culebra de agua

Se puede localizar en las inmediaciones de Ciudad Universitaria y dentro de la Reserva del Pedregal de San Ángel. Es una especie endémica de México con una distribución limitada a la región central y eje neovolcanico transversal (Vázquez Díaz y Quintero Díaz, 2005). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Amenazada.

Nombre científico: *Tamnophis scalaris* Cope, 1860 (1861).

Nombre común: culebra de agua

Se encuentra en los pastizales de los claros de bosques de encino, de pino y pino-encino, comúnmente se encuentran en simpatria con *T. scaliger*. Esta serpiente es terrestre y se alimenta de anélidos, anfibios y lagartijas (Manjarrez et al. 2007). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Amenazada.

Nombre científico: *Salvadora bairdi* Jan, 1860 (Fig. 15).

Nombre común: lagartijera o culebra rayada

Es una especie endémica de México. Se encuentra en regiones rocosas, principalmente barrancas con vegetación alta. Son organismos poco comunes en el Pedregal de San Ángel (2240 msnm; Sánchez-Herrera, 1980; Uribe-Peña et al., 1999). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Protección especial.



Fig. 15. *Salvadora bairdi* Jan, 1860.
Lagartijera o culebra rayada. Foto Anibal Díaz de la Vega.

Nombre científico: *Conopsis biserialis* Taylor y Smith, 1942 (Fig. 16).

Nombre común: culebra borreguera

Serpiente endémica de México, registrada para la zona de San Jerónimo. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Amenazada.



Fig. 16. *Conopsis biserialis* Taylor y Smith, 1942.
Culebra borreguera. Foto Anibal Díaz de la Vega.

Nombre científico: *Diadophis punctatus dugesi* Villarda, 1875 (Fig. 17).

Nombre común: culebra

Se ha localizado en la parte baja del derrame del Xitle, incluyendo la zona de Reserva del Pedregal de San Ángel. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Sin protección.



Fig. 17. *Diadophis punctatus dugesi* Villarda, 1875. Culebra. Foto Fausto R. Méndez.

Nombre científico: *Rhadinaea laureata* (Günther, 1968) (Fig. 18).

Nombre común: culebra obriza

Es una especie endémica de México. Es relativamente común encontrarla en las inmediaciones de la Ciudad Universitaria. Esta especie se ha registrado en el Distrito



Fig. 18. *Rhadinaea laureata* (Günther, 1968). Culebra. Foto Fausto R. Méndez.

Federal desde los 2240 hasta los 2300 msnm (Uribe-Peña *et al.*, 1999). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Sin protección.

Nombre científico: *Leptotyphlops dulcis rubellum* (Gorman, 1883 [1884]).

Nombre común: serpiente ciega

Se desconoce si es una especie introducida a la Reserva del Pedregal de San Ángel, se ha colectado en el extremo este del Pedregal a 2240 msnm. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: No Endémica / Sin protección.

Nombre científico: *Ramphotyphlops braminus* (Daudin, 1803) (Fig. 19).

Nombre común: serpiente ciega enana

Es una especie introducida en el Pedregal de San Ángel. Originalmente se distribuye en África, Asia, Japón y Oceanía. Es común encontrarla en tierra que se vende para la siembra de plantas ornamentales. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: No endémica / No aparece.



Fig. 19. *Ramphotyphlops braminus* (Daudin, 1803). Serpiente ciega enana. Foto Eric Centenero.

Nombre científico: *Crotalus molossus nigrescens* Gloyd, 1936 (Fig. 20).

Nombre común: serpiente de cascabel

Se distribuyen desde los 1000 hasta los 2700 msnm (Uribe-Peña *et al.*, 1999; Lemos-Espinal y Smith, 2007). Es una especie natural del Pedregal de San Ángel desde los 2240 hasta los 2700 msnm y son relativamente comunes en las inmediaciones de la Ciudad Universitaria (Sánchez-Herrera, 1980; Uribe-Peña *et al.*, 1999; Campbell y Lamar, 2003; Lemos-Espinal y Smith, 2007). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Sujeta a protección especial.



Fig. 20. *Crotalus molossus nigrescens* Gloyd, 1936. Serpiente de cascabel. Foto Víctor H. Jiménez.

Nombre científico: *Crotalus ravus ravus* Cope, 1865 (Fig. 21).

Nombre común: cascabel de nueve placas o cascabel pigmea

Se ha encontrado en las inmediaciones de Tepepan, Cuajimalpa, Tlalpan, Xochimilco y en la parte este del derrame del Xitle a los 2300 msnm en el Distrito Federal. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Sujeta a protección especial.



Fig. 21. *Crotalus ravus ravus* Cope, 1865. Cascabel de nueve placas o cascabel pigmea. Foto Eric Centenero.

Nombre científico: *Crotalus triseriatus triseriatus* (Wagler, 1830) (Fig. 22).

Nombre común: víbora de cascabel, chiauhcótl, chiáutil, colcóatl y hocico de puerco.

Esta serpiente es endémica de México. Se ha encontrado en el Xitle desde los 2700 hasta los 3000 msnm. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México** / Sujeta a protección especial.



Fig. 22. *Crotalus triseriatus triseriatus* (Wagler, 1830). víbora de casacabel, chiauhcótl, chiáutil, colcóatl y hocico de puerco. Foto Eric Centenero.

Nombre científico: *Trachemys scripta elegans* (Wied-Neuwied, 1838) (Fig. 23).

Nombre común: tortuga japonesa

Esta es una especie introducida en la zona del Pedregal de San Ángel, se puede observar en las charcas del Jardín Botánico. Los cuerpos de agua del Pedregal de San Ángel, en donde fue introducida esta especie, son muy fríos y dificulta su reproducción. En la REPSA se encuentra a los 2430 m de altura en el Jardín Botánico de la UNAM. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: No endémica de México / Protección especial.



Fig. 23. *Trachemys scripta elegans* (Wied-Neuwied, 1838). Tortuga japonesa. Foto Fausto R. Méndez.

Nombre científico: *Kinosternon integrum* LeConte, 1854 (Fig. 24).

Nombre común: casquito

Especie endémica de México e introducida en el Pedregal de San Ángel, aunque naturalmente se encontraba en cuerpos de agua del Valle de México. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001: **Endémica de México/ Sujeta a protección especial.**



Fig. 24. *Kinosternon integrum* LeConte, 1854. Nombre común: Casquito. Foto Fausto R. Méndez.

Hábitos, modo reproductor y distribución altitudinal

De las 7 especies de anfibios, 6 (85.71%) son de hábitos terrestres y solamente la rana *Lithobates montezumae* es acuática. Seguramente esto se deba a que no existían cuerpos de agua permanentes de manera natural en la REPSA. *L. montezumae* es introducida y se registró en las pozas artificiales del Jardín Botánico del IBUNAM y en las lagunas formadas por extracción de basalto en la Cantera Oriente, estos dos ambiente permitieron la introducción de esta rana en el Pedregal, sin embargo parece que su distribución se limita a estas dos zonas. En el caso de los reptiles, solamente 3 especies (13.04%) pueden alternar hábitos arborícolas-terrestres. La estructura de la vegetación no presenta árboles de gran tamaño en la mayoría del Pedregal. El resto de las especies son de hábitos terrestres, encontrándose en zonas abiertas, debajo de rocas, troncos y entre grietas (Tabla 3). La gran disponibilidad de microhábitats terrestres reduce la competencia y favorece el que un alto porcentaje de especies utilicen este recurso.

En los anfibios, solamente *Syrrophus grandis* es de desarrollo directo (sin larva acuática libre nadadora) o vivíparo, el resto de las especies ovoposita en cavidades y charcas temporales que se forman durante la época de lluvias (Méndez-de la Cruz, *et al.* 2007). Se ha registrado que las salamandras del género *Pseudorycea* depositan huevos terrestres en lugares húmedos, de-

Tabla 3. Especies registradas en el Pedregal de San Ángel. Tipo de Registro: (1) Oscar Sánchez Herrera 1980, (2) Méndez de la Cruz *et al.*, 2007, (3) Uribe-Peña *et al.*, 1999, (4) Colección Nacional de Anfibios y Reptiles, IBUNAM (5) Colección del Museo de Zoología Alfonso L. Herrera, Facultad de Ciencias, UNAM, (6) Observación en el presente trabajo. *Especies introducidas. Los hábitos corresponden a: T: terrestre, AR: arborícola y SA: semiacuático. El modo reproductor corresponde a: O: ovíparo, V: vivíparo y P: partenogenético. a Se desconocen características de su reproducción.

Anfibios	Tipo de Registro	Hábitos	Modo Reproductor
<i>Chiropetrotriton chiropetroterus</i>	4,5	T	O
<i>Pseudorycea cephalica cephalica</i>	1,4,5	T	O
<i>Pseudoeurycea leprosa</i>	3,4,6	T	O
<i>Lithobates montezumae*</i>	6	SA	O
<i>Hyla arenicolor</i>	1	T	O
<i>Spea multiplicatus*</i>	2,4	T	O
<i>Syrhophus grandis</i>	1,6	T	Va
Reptiles			
<i>Barisia imbricata</i>	4,5,6	T	V
<i>Sceloporus aeneus</i>	2,4,5	T	O
<i>Sceloporus anahuacus</i>	4,5	AR – T	V
<i>Sceloporus grammicus</i>	1,2,3,4,5,6	AR – T	V
<i>Sceloporus palaciosi</i>	4,5	AR – T	V
<i>Sceloporus torquatus</i>	1,2,3,4,5,6	T	V
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	1,4,5,6	T	V
<i>Pituophis deppei deppei</i>	1,4,5,6	T	O
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	4,5	T	V
<i>Thamnophis eques</i>	3,4,5,6	T	V
<i>Thamnophis scaliger</i>	4,5	T	V
<i>Thamnophis scalaris</i>	4,5	T	V
<i>Salvadora bairdi</i>	1,3,4,5	T	V
<i>Conopsis biserialis</i>	1,4,5	T	V
<i>Diadophis punctatus dugesi</i>	1,4,5,6	T	O
<i>Rhadinaea laureata</i>	1,4,5,6	T	O
<i>Leptotyphlops dulcis</i>	4,5	T	O (P)
<i>Ramphotyphlops braminus*</i>	4,5,6	T	O (P)
<i>Crotalus molossus</i>	1,2,3,4,5,6	T	V
<i>Crotalus ravus</i>	3,4	T	V
<i>Crotalus triseriatus</i>	3,4,5,6	T	V
<i>Trachemys scripta*</i>	2,6	SA	O
<i>Kinosternon integrum*</i>	2,6	SA	O

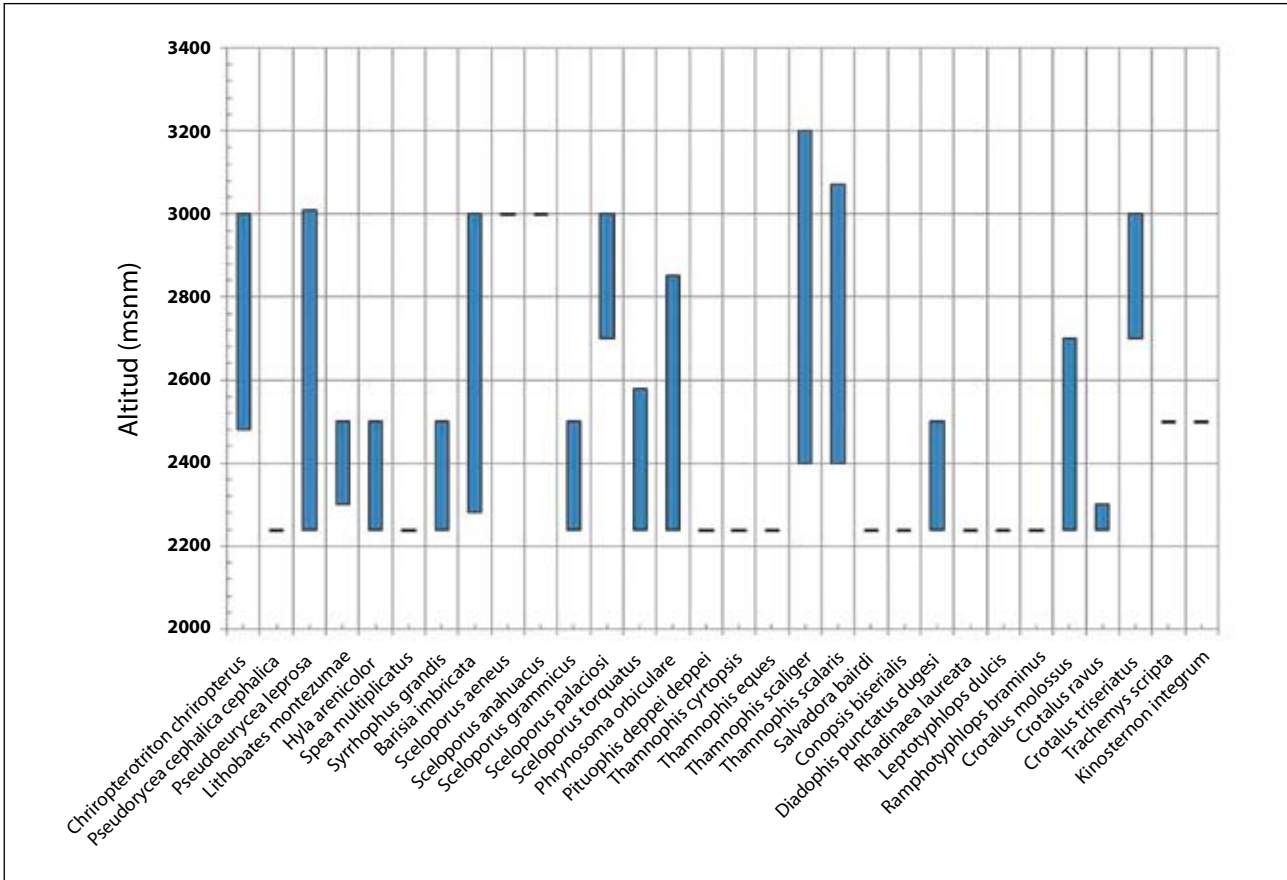


Figura 25. Distribución de las especies de herpetofauna a lo largo del gradiente altitudinal del derrame del Xitle.

bajo de rocas y troncos, lo que permite el desarrollo de la nidada (Lemos-Espinal y Smith, 2007). Considerando que naturalmente no existían cuerpos de agua permanentes en la zona de estudio, solamente pudieron colonizar los anfibios que pudieran tener una reproducción especializada, por lo que es importante plantear estudios que permitan determinar las estrategias reproductoras de los anfibios nativos.

La viviparidad fue el modo reproductor dominante en las especies de reptiles de la REPSA con 15 especies (65.2%). La poca disponibilidad de sustrato para la ovoposición podría estar restringiendo a las especies ovíparas, así mismo otras variables como la temperatura y humedad, parecen contribuir a la dominancia del modo reproductor vivíparo. Sin embargo se registraron 6 especies ovíparas (26.08%). Únicamente *Ramphotyphlops braminus* y *Leptotyphlops dulcis* son

partenogenéticas (considerando el modo reproductor de grupos cercanos), sin embargo *R. braminus* no es nativa del Pedregal y *L. dulcis* podría haber sido introducida (Tabla 3). Por lo que no se puede determinar la influencia ambiental sobre la presencia de estas especies, no obstante estar presentes en la zona, las características ambientales parecen no limitar su reproducción.

El derrame del Xitle abarca un intervalo de altitud desde los 2200 hasta los 3100 m. Este gradiente presenta diferentes condiciones ecológicas, fisiográficas y climáticas que establecen diferentes comunidades de flora y fauna a lo largo de su distribución (Rojo, 1994). La herpetofauna que se ha establecido a lo largo de este intervalo presenta diferencias evidentes (Fig. 25). La mayor riqueza específica se localiza en la parte baja del derrame. Considerando exclusivamente las

especies nativas, los anfibios presentan diferencias evidentes en la distribución, y los anuros (*Hyla arenicolor* y *Syrhophus grandis*) solamente se encuentran en los intervalos de menor altitud, mientras que los caudados se localizaron a lo largo de todo el intervalo (*Chiropterotriton chiropterus* y *Pseudoeurycea leprosa*) y sólo *P. cephalica* parece restringirse también a las regiones bajas. Por otra parte, los reptiles presentan un patrón similar en cuanto a que la mayor riqueza se encuentra en la parte baja del derrame (14 especies) y solamente 6 especies en la parte alta.

Es importante notar que todas las especies de lacertilios son vivíparas, con excepción de *Sceloporus aeneus* que se localizó en la parte más alta del gradiente. Dentro de las serpientes, todas las especies ovíparas (*Pituophis deppei*, *Salvadora bairdii*, *Diadophis punctatus*, *Rhadinaea laureata* y *Leptotyphlops dulcis*) se encuentran en la parte baja, junto a las vivíparas *Conopsis biserialis*, *Thamnophis eques*, *T. cyrtopsis*, *T. scalaris*, *T. scaliger* y *Crotalus molossus*. Mientras que en la parte alta solamente se encontró a *T. scalaris*, *T. scaliger* y *C. triseriatus*. Aparentemente el tamaño corporal de *C. molossus* está restringiendo su distribución a la parte más cálida de la zona.

Importancia de la zona como área de protección de especies

El Pedregal de San Ángel y sus áreas de influencia cuentan con un total de 30 especies, de las cuales 25 son nativas y 5 introducidas. Sin embargo, se desconoce si *Leptotyphlops dulcis* pudiera ser una especie nativa o introducida. Considerando solamente las especies nativas es importante mencionar que 16 de ellas (64 %) cuentan con categorías dentro de la Norma Oficial Mexicana (2001).

Dentro del grupo de los anfibios, dos especies (*Chiropterotriton chiropterus* y *Syrhophus grandis*) se encuentran dentro de la categoría de Protección especial. Es importante resaltar que se conoce poco de estas especies, especialmente de *S. grandis*, para la cuál solo existe la descripción original (Davis y Dixon, 1955) y pocos ejemplares depositados en colecciones, por lo que su estatus taxonómico y de conservación demanda estudios a corto plazo. Dos especies están consideradas dentro de la categoría de Amenazada, *Pseudoeurycea cephalica* y *P. leprosa*. Estas especies son raras en el área de estudio, debido a que se refugian entre las grietas

de la roca basáltica. Las especies introducidas (*Spea multiplicatus* y *Lithobates montezumae*) presentan una distribución muy localizada (Cantera Oriente, Jardín Botánico Exterior y área de la Reserva Territorial Sur Oriente (fuera de la REPSA), respectivamente; Méndez de la Cruz *et al.* 2007) y no parecen representar un peligro para la fauna nativa, sin embargo lo indicado es desarrollar planes de manejo para extirparlas o mantenerlas controladas.

En el grupo de los reptiles seis especies se encuentran en la categoría de Protección especial (*Barisia imbricata*, *Sceloporus grammicus*, *Salvadora bairdi*, *Crotalus molossus*, *C. ravus* y *C. triseriatus*); cinco especies están dentro de la categoría de Amenazada (*Phrynosoma orbiculare*, *Pituophis deppei*, *Thamnophis cyrtopsis*, *T. eques* y *Conopsis biserialis*). Aparentemente *P. orbiculare* ha sido extirpada de la Reserva del Pedregal de San Ángel ya que el último ejemplar fue observado hace aproximadamente 20 años, en la zona cercana al Xitle (en donde hay un incremento de los asentamientos humanos y modificación de uso del suelo). Por otra parte, la especies introducidas se encuentran bien localizadas (*Ramphotyphlops braminus*, *Leptotyphlops dulcis* y *Trachemys scripta*) y lo adecuado es no permitir su expansión o tener un plan para extirparlas.

Algunas recomendaciones extras en relación con la herpetofauna encontrada son las siguientes. Es importante señalar que *S. palaciosi* y *S. anahuacus* deberían estar consideradas dentro de alguna categoría de la NOM por su distribución restringida. Las especies de serpientes de cascabel requieren un programa de investigación para determinar su situación actual ya que varias de las zonas en donde habitaban han sido invadidas por asentamientos humanos o modificadas con propósitos diversos (Rojo, 1994). Sin embargo, es aun frecuente encontrarlas en la zona de la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel (consultar Balderas-Valdivia *et al.*, en este volumen).

Comparación e importancia entre las reservas de la biosfera UNAM

La Universidad Nacional Autónoma de México tiene a su cargo tres áreas naturales protegidas una en la costa del Pacífico (Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala), una en la costa del Golfo de México (Reserva de los Tuxtlas)

Tabla 4. Se presentan el número de especies de anfibios y reptiles de las reservas ecológicas de la UNAM y la extensión territorial de cada una y total en hectáreas. * 20 especies están compartidas en ambas estaciones “Los Tuxtlas” y “Chamela”.

Reserva	Anfibios	Reptiles	Total	Área (hectáreas)	% herpetofauna de México	Referencia
Chamela-Cuixmala	18	67	85	13,142	7.3	Ramírez-Bautista y García Aguayo, 2002
Los Tuxtlas	45	118	163	644	14	Vogt, <i>et al.</i> , 1997
REPSA	7	23	30	237	2.5	Presente estudio
Total “Reservas UNAM”	70	208	258*	14,023 (0.007 %)	22.16	Presente estudio
México	361	803	1164	200 x106	100	Flores Vilella y Canseco, 2004

y la tercera en la parte central del país (REPSA). Todas estas reservas tienen objetivos en común, como son: preservar los ecosistemas del área, conocer la estructura y funcionamiento de los ecosistemas protegidos y ofrecer servicios que permitan la realización de investigación y divulgación.

La Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala se encuentra ubicada en el estado de Jalisco, México. Presenta un clima tropical, cálido subhúmedo, con una marcada estacionalidad. La precipitación promedio es de 731 mm y la temperatura promedio anual es de 24.6 °C. El promedio de la temperatura máxima es 27.3 °C y el promedio de la temperatura mínima es 21.5 °C. La vegetación dominante de la región es bosque tropical caducifolio o selva baja. En los arroyos y barrancas se localiza bosque tropical subperennifolio o selva mediana, la cual presenta árboles de talla mayor y una composición distinta a la anterior. Existen otras comunidades de plantas, tales como los manglares, tulares y la vegetación de las dunas costeras. La selva de la Estación Chamela y sus alrededores es una comunidad rica en especies vegetales; se pueden encontrar 943 especies, 545 géneros representando 137 familias. En áreas aledañas a la Estación se encuentran comunidades secundarias derivadas de la tala de la selva original (Noguera *et al.* 2002).

La Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas” se localiza a 30 km NE del poblado de Catemaco (Veracruz) sobre la carretera Catemaco-Montepío, en la porción sur del estado de Veracruz. Cubre una superficie total de 644 hectáreas, localizadas al oriente del Volcán de San Martín Tuxtla con un intervalo altitudinal de 150 a los 700 m. La región de Los Tuxtlas, siguiendo el contorno de la costa ocupa una extensión aproximadamente de 90 Km de largo por 50 Km de ancho, está casi totalmente cubierta por depósitos piroclásticos y derrames de lava (Ríos MacBeth, 1952). La Estación (Tuxtlas) descansa sobre un macizo de origen volcánico, dado su peculiar orografía, los aportes fluviales dispuestos radialmente en la región fueron constituyendo una gran llanura con abundantes pantanos, sobre todo hacia la vertiente sur, donde se localiza la Laguna Ostión (Coll de Hurtado, 1970). En la vertiente norte, los principales ríos y arroyos son los ríos Máquina, Col, Río de Cañas y Arroyo de Lisa y en la vertiente sureste el Río Grande de San Andrés originado en el Lago de Catemaco (Lot-Helgueras, 1976).

Las Reservas Ecológicas de la UNAM, comprenden el 0.007% del territorio nacional, sin embargo la riqueza de especies que alberga dentro de este pequeño porcentaje es considerable. Se registra un total de 258 especies, que representan el 22.16% de la herpetofauna registrada para México (Tabla 4). La REPSA es la de menor tamaño,

no obstante 70 % de especies que ocurren en esta área son endémicas de México. El número de especies que presenta le confiere una extrema importancia y su conservación debe ser motivo de mayor atención. El impacto que tiene esta Reserva es mayor considerando que se localiza directamente en contacto con la ciudad de

México y a que no existe una zona de amortiguamiento que la circunde. Son varias las causas por las que la Reserva del Pedregal de San Ángel demanda una mayor atención multidisciplinaria y en particular de los biólogos. Este trabajo pone de manifiesto la relevancia que tiene esta área y su papel en la conservación de la herpetofauna.

Agradecimientos

Al Dr. Antonio Lot Helgueras por el apoyo otorgado para la realización del presente trabajo. Al Dr. Víctor Hugo Reynoso y Dr. Oscar Flores Villela, encargados de la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del IBUNAM y de la Colección de Anfibios y Reptiles del Museo de la Facultad de Ciencias "Alfonso L. Herrera", respectivamente. A Oscar Sánchez Herrera por sus valiosos comentarios para la ubicación de la herpetofauna. A Felipe Correa, Raúl Rivera y Beatriz Rubio por las facilidades para tener acceso a los ejemplares del Vivario y Colecciones de la FES-Iztacala. A Rafael Lara y Eric Centenero por proporcionar parte del material fotográfico.

Literatura citada

- BENABIB, M., K. K. KJER, J. W. SITES, JR. 1997. Mitochondrial DNA sequenced based phylogeny and the evolution of viviparity in the *Sceloporus scalaris* group (Reptilia, Squamata). *Evolution* **51** (4): 1262-1275.
- CAMPBELL, J. A. Y LAMAR, W. W. 2004. The Venomous reptiles of the Western Hemisphere. Ed. Cornell University Press. Vol II. 870 pp.
- CASTRO-FRANCO, R. Y BUSTOS-ZAGAL, M. G. 2006. Herpetofauna de las Áreas Naturales Protegidas corredor biológico Chichinautzin y la Sierra de Huautla, Morelos, México. Ed. UAEM-CONABIO. 109 pp.
- COLL DE HURTADO, A. 1970. Carta geomorfológica de la región costera de Los Tuxtlas, Edo. de Veracruz. *Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México*. **3**: 23-28.
- DÍAZ, M. A. G. 1961. Contribución al conocimiento de la herpetología del Pedregal de San Ángel. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México.
- DAVIS, W. E. Y J. R. DIXON. 1955. Notes on Mexican toads of the genus *Tomodactylus* with the descriptions of two new species. *Herpetologica* **11**(2): 154-160.
- FLORES-VILLELA O. Y CANSECO-MÁRQUEZ. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* **20**(2):115-144.
- FRÍAS-ÁLVAREZ, P. 2005. *Rana montezumae* en el jardín botánico de la UNAM. Estudios fonológicos y de tección de enfermedades y malformaciones. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México.
- LARA-GÓNGORA, G. 1983. Two new species of the lizard genus *Sceloporus* (Reptilia, sauria, iguanidae) from the Ajusco and Ocuilan Sierras, México. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society* **19**(1): 1-14.
- LEMONS-ESPINAL, J. A. Y SMITH, H. M. 2007. Anfibios y reptiles del estado de Coahuila. Ed. UNAM-CONABIO, México. 550 pp.
- LINER, E. A., 2007. A checklist of amphibians and reptiles of Mexico. *Occasional Papers of the Museum of Natural Science* **80**: 1-59.
- LOT-HELGUERAS, A. 1976. La Estación Tropical Los Tuxtlas: pasado, presente y futuro. P.p. 31-69. En: Gómez Pompa A., S.A. Rodríguez, C. Y. Vázquez y A. C. Butanda. (eds.). Regeneración de selvas. Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Ed. Continental. S.A. México.
- MANJARREZ, J. VENEGAS-BARRERA, S. C. Y GARCÍA-GUADARRAMA, T. 2007. Ecology of the Mexican alpine blotched garter snake (*Thamnophis scalaris*). *The Southwestern Naturalist*. **52**(2): 258-262.
- MARTÍNEZ, R. 1985. Estudio comparativo de dos poblaciones de la lagartija *Sceloporus grammicus microlepidotus* en el Ajusco y Pedregal de San Ángel, D.F.

- Tesis profesional. ENEP Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MÉNDEZ-DE LA CRUZ, F. R., O. HERNÁNDEZ-GALLEGOS Y F. RODRÍGUEZ-ROMERO. 2003. *Phrynosoma orbiculare*. Fichas CONABIO, México. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichasnom/Phrynosomaorbiculare00.pdf>
- MÉNDEZ-DE LA CRUZ F. R. Y O. FLORES-VILLELA, V. H. JIMÉNEZ-ARCOS, E. CENTENERO-ALCALÁ, A. TOLEDO-CABRERA, R. A. LARA-RESENDIZ, A. A. MENDOZA-HERNÁNDEZ, I. SOLANO-ZAVALETA Y HERNÁNDEZ-JIMÉNEZ, C. A. 2006. Inventario biológico del área de la Reserva Territorial Suroriente de Ciudad Universitaria. Informe Técnico. UNAM.
- MÉNDEZ-DE LA CRUZ, F. R. J. J. ZÚÑIGA-VEGA, A. H. DÍAZ DE LA VEGA-PÉREZ, R. A. LARA-RESÉNDIZ Y N. MARTÍNEZ-MÉNDEZ. 2007. Anfibios y reptiles. P.p. 203-219. En: A. Lot. (coord.) Guía Ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- NOGUERA F.A., J. H. VEGA-RIVERA, A. N. GARCÍA-ALDRETE Y M. QUEZADA-AVENDAÑO. 2002. Historia Natural de Chamela. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RAMÍREZ-BAUTISTA, A. Y A. GARCÍA. 2002. Diversidad de la Herpetofauna de la Región de Chamela. P.p. 251-264. En: Noguera F.A., J. H. Vega Rivera, A. N. García Aldrete y M. Quezada Avendaño (eds.) Historia Natural de Chamela. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RÍOS-MACBETH, F. 1952. Estudio geológico de la región de los Tuxtlas. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geología y Petrología* **4**:315-377.
- RODRÍGUEZ-ROMERO, F. F. R. MÉNDEZ DE LA CRUZ, R. GARCÍA COLLAZO Y M. VILLAGRÁN. 2002. Comparación del esfuerzo reproductor en dos especies hermanas del género *Sceloporus* (Sauria: Phrynosomatidae) con diferente modo reproductor. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* **85**:181-188.
- ROJO, A. 1994. Reserva Ecológica El Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- SÁNCHEZ-HERRERA, O. 1980. Herpetofauna of the Pedregal de San Ángel, DF, México. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society* **16**(1): 9-18.
- URIBE-PEÑA Z., A. RAMÍREZ-BAUTISTA Y G. CASAS-ANDREU. 1999. Anfibios y reptiles de las serranías del distrito federal, México. Cuadernos 32. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- VÁZQUEZ-DÍAZ J. Y QUINTERO-DÍAZ G. 2005. Anfibios y reptiles de Aguascalientes. CONABIO, México.
- VOGT, R. C., VILLAREAL-BENÍTEZ J. L. Y PÉREZ-HIGAREDA, G. 1997. Lista anotada de anfibios y reptiles. P.p. 507-532. En: González S. E., Dirzo, R. y R. C. Vogt. (eds.) Historia Natural de Los Tuxtlas. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- WOOLRICH-PIÑA, G. A., L. OLIVER-LÓPEZ Y J. A. LEMOS-ESPINAL. 2005. Anfibios y reptiles del Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla. CONABIO, México.

Avifauna

Noemí Chávez Castañeda y Marco A. Gurrola Hidalgo

Colección Nacional de Aves, Departamento de Zoología, Instituto de Biología,
Universidad Nacional Autónoma de México
normi@ibunam2.ibiologia.unam.mx

Introducción

En la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA o Reserva del Pedregal) se observan variaciones temporales en la comunidad de aves que alberga, debido al proceso de urbanización. Los inventarios formales que durante 34 años han realizado diferentes investigadores indican un número diferente de especies. Esto sugiere que los cambios ambientales experimentados en las últimas tres décadas han intervenido en la entrada y salida de especies, tanto residentes como migratorias, así como en los cambios en los tamaños poblacionales de éstas (Ramos, 1974; Arizmendi *et al.* 1994; Arenas, 2004).

El papel ecológico que desempeñan las aves como polinizadoras y dispersoras de semillas promueve la regeneración natural de la vegetación. Otras aves son indicadoras de ciertas características del ambiente, y otras más brindan servicios ambientales al actuar como control de plagas de insectos y roedores. Las aves de rapiña, en particular, se encargan de limpiar las carreteras y zonas a cielo abierto de cadáveres y carroña, los cuales constituyen potenciales focos de infección que afectarían la salud del hombre y otros animales. Las aves forman parte de la cadena alimentaria (Beissinger, 1982; Bokotery, 1996; Mirabella *et al.* 1996).

En México se distribuyen alrededor de 1070 especies de aves (AOU, 2008); de esta gran biodiversidad, el Distrito Federal se caracteriza por la presencia de 330 especies (Wilson y Ceballos, 1986). Otros estudios en el Valle de

México arrojan un registro de 88 especies para la zona sur (Velázquez y Romero, 1996) y 124 para la zona norte (Varona, 2001). Asimismo, Ramírez (2004) determina que la avifauna del Deportivo 18 de Marzo de la Delegación Gustavo A. Madero está compuesta por 44 especies. De acuerdo con Cabrera (1995), los antecedentes de estudios sobre aves realizados en el Distrito Federal constituyen una contribución histórica sobre el desarrollo de las colectas ornitológicas que datan de 1888. Él infiere que en más de un siglo los trabajos ornitológicos en los ambientes urbanos han sido ignorados, debido a la ausencia de investigaciones registradas en el tema durante este periodo.

En cuanto a los estudios directamente en la Reserva del Pedregal, se ubica como pionero el de Ramos (1974), quien registra 96 especies. Veinte años más tarde, Arizmendi *et al.* (1994) reportan un total de 106 especies, identificando 10 especies adicionales. Durante esta década, se han hecho esfuerzos adicionales por conocer la avifauna de la Reserva. Arenas (2004) registra 87 especies y, un año más tarde, Chávez y Gurrola (2005) registran 125 especies, quienes reportan los datos de los primeros cinco años del proyecto de Monitoreo de Supervivencia invernal (MoSi). Chávez y Gurrola (2007) registran también 66 especies exclusivamente en la Zona de Amortiguamiento A3, conocida como "Cantera Oriente". El último trabajo es el de Díaz (2008) quien estudia la avifauna del Jardín Botánico y la Unidad de Seminarios Ignacio Chávez, encontrando un total de 79 especies.

En este capítulo se presentan los datos obtenidos tras siete años de estudios de la diversidad de aves en la Reserva del Pedregal, entre los que se incluyen datos de su estacionalidad, estatus de conservación, abundancia y dieta, así como de su estatus como endémicas.

Procedimiento de evaluación

Para elaborar el listado de las aves de la Reserva del Pedregal se siguió la nomenclatura del AOU (1998) y los suplementos 42 al 49 (AOU, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008). Los nombres comunes fueron seleccionados de Birkenstein y Tomlinson (1981), quienes hacen una recopilación a nivel nacional de los diferentes nombres comunes, nativos y aztequismos de las aves, seleccionando los más afines a la especie, que no fueran repetitivos y dentro de lo posible, los más simples, descriptivos y con menos palabras en su contexto.

El estatus de residencia se basó en las observaciones de campo durante el periodo de muestreo y el señalado por Howell y Webb (1995). Aunque la abundancia de las aves varía intra como interanualmente, las aves se agruparon en algunas categorías que han sido utilizadas por algunos autores que han trabajado en el Valle de México (Ramírez, 2000; Varona, 2001; Arenas, 2004). Esta categorización es relativa por las fluctuaciones poblacionales, sin embargo constituyen un indicador general. La categorización de la dieta de las aves fue la misma que utilizaron Arizmendi *et al.* (1994), con variantes en asociaciones de alimentación y por las nuevas especies reportadas. Para determinar los endemismos se usó el trabajo de González-García y Gómez de Silva (2003). Las categorías de riesgo nacional o internacional fueron señaladas de acuerdo a Ceballos *et al.* (2000), NOM-059-ECOL-2001 (2002), IUCN (2007) y UNEP-WCMC (2008).

Resultados y discusión

Durante el periodo de estudio de siete años, se obtuvo un inventario de 148 especies, 84 residentes (57%) y 64 migratorias (43%), distribuidas en 14 órdenes y 37 familias (Apéndice 1). Veinticuatro especies fueron abundantes (16%), 44 comunes (30%), 31 raras (21%) y 37 muy raras (25%) (Fig. 1). La riqueza específica se incrementa al considerar 10 especies de rapaces diurnas y 12 especies

acuáticas que se concentran en los cuerpos de agua del Jardín Botánico y Cantera Oriente y que se suman a la lista de nuevas especies. En este sentido, se considera que las especies acuáticas que se albergan en estos sitios, han encontrado un lugar de paso para pernoctar y, en algunos casos, la posibilidad de establecerse por la falta de competencia por alimento.

La familia Parulidae agrupa 19 especies (12%), y le siguen las familias Tyrannidae con 14 (9.4%), Trochilidae con 12 (8.1%), Emberizidae con 11 (7.4%) y Corvidae e Icteridae con siete especies (4.7%) cada una (Apéndice 1).

La riqueza ornitológica de la Reserva del Pedregal es probablemente un reflejo de sus condiciones ecológicas, que aún no han sido severamente alteradas y también por la estructura de la vegetación de las áreas verdes estrechamente ligada con la superficie de las zonas verdes y a la heterogeneidad de la estructura de la vegetación. Esta riqueza comparada con el total de especies registradas para el Distrito Federal, representa un 45% de la avifauna metropolitana, un porcentaje elevado comparativamente con otras áreas verdes de la ciudad así como, la superficie con la que cuenta.

Esta alta riqueza se puede adjudicar a que muchos de los hábitats que ofrece este ecosistema no han sido demasiado alterados, a pesar de la urbanización (Nocedal, 1987).

Dentro de la misma Reserva, las aves se concentran en sitios específicos como el Jardín Botánico, el cual registra aproximadamente 90 especies (Chávez y Gurrola, en prep.), lo que representa el 60% de la avifauna de la Reserva, y se presupone que es un área con mayor número de especies. Esto se puede deber a que allí se recrean sitios de vegetación de diversas zonas del país, lo cual incrementa la heterogeneidad del paisaje, como es la presencia de zonas de demostración de una zona árida, una templada, otra de plantas útiles y un área de crasuláceas, así como la zona de viveros adyacentes al Jardín, lo cual ofrece la disponibilidad de una gran variedad de recursos para alimentación, protección y anidación.

En cuanto a sus hábitos alimentarios (Fig. 2), se reconocieron siete gremios, sobresaliendo el de aves insectívoras con 52 especies que representa el 35%, seguido de 18 especies granívoras (12.1%), 17 frugívoras (11.4%) y

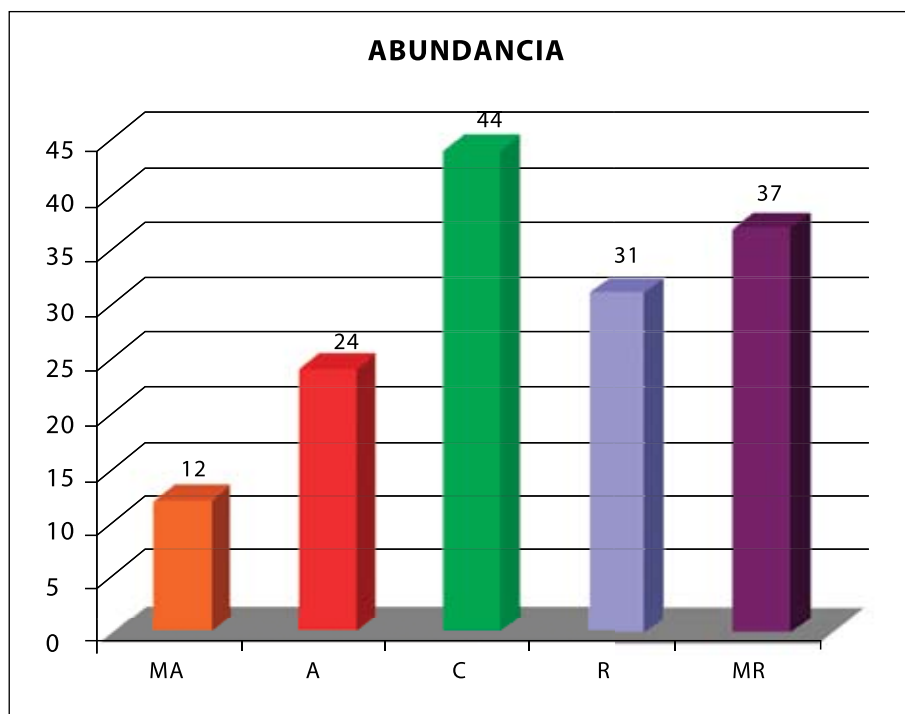


Fig. 1. Número de especies de aves de la Reserva del Pedregal, de acuerdo con su abundancia. MA: Muy abundante, A: Abundante, C: Común, R: Rara, MR: Muy rara.

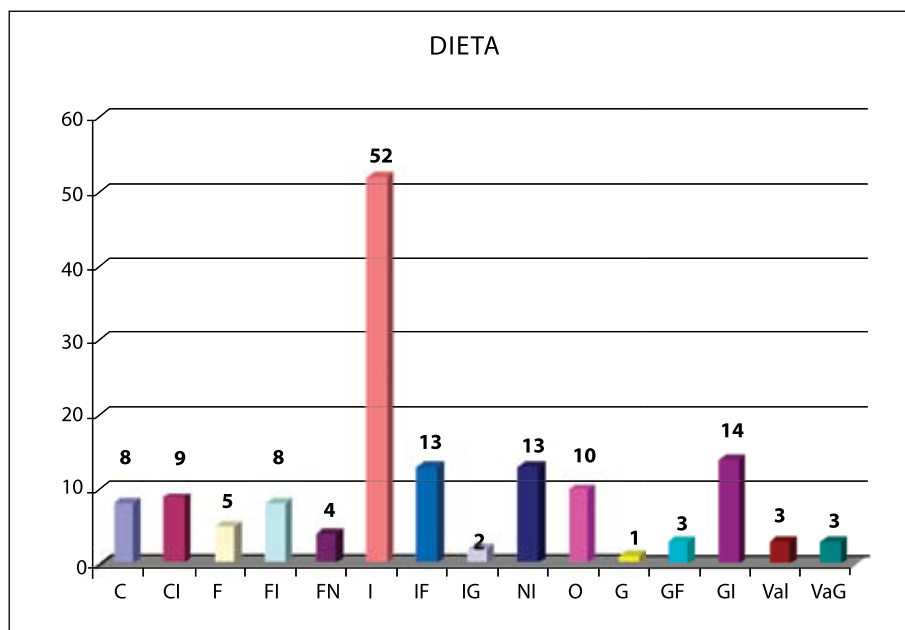


Fig. 2. Número de especies de aves de la Reserva del Pedregal, de acuerdo con su gremio de alimentación. C: Carnívoro, F: Frugívoro, I: Invertebrados, N: Nectarívoro, G: Granívoro, O: Omnívoro, Va: Vegetación acuática.

10 omnívoras (6.7%), y también se registran carnívoras y carroñeras. De acuerdo a Lancaster y Rees (1979), al disminuir la urbanización, la abundancia de aves insectívoras aumenta porque hay una mayor cobertura vegetal y a mayor urbanización menor número de insectívoras, debido a que la diversidad de plantas que utilizan para alimentarse es menor, además porque la contaminación atmosférica tiene un fuerte impacto en su desarrollo. Nosedal (1987) sugiere que bajo estas condiciones, las especies granívoras y omnívoras incrementan su abundancia.

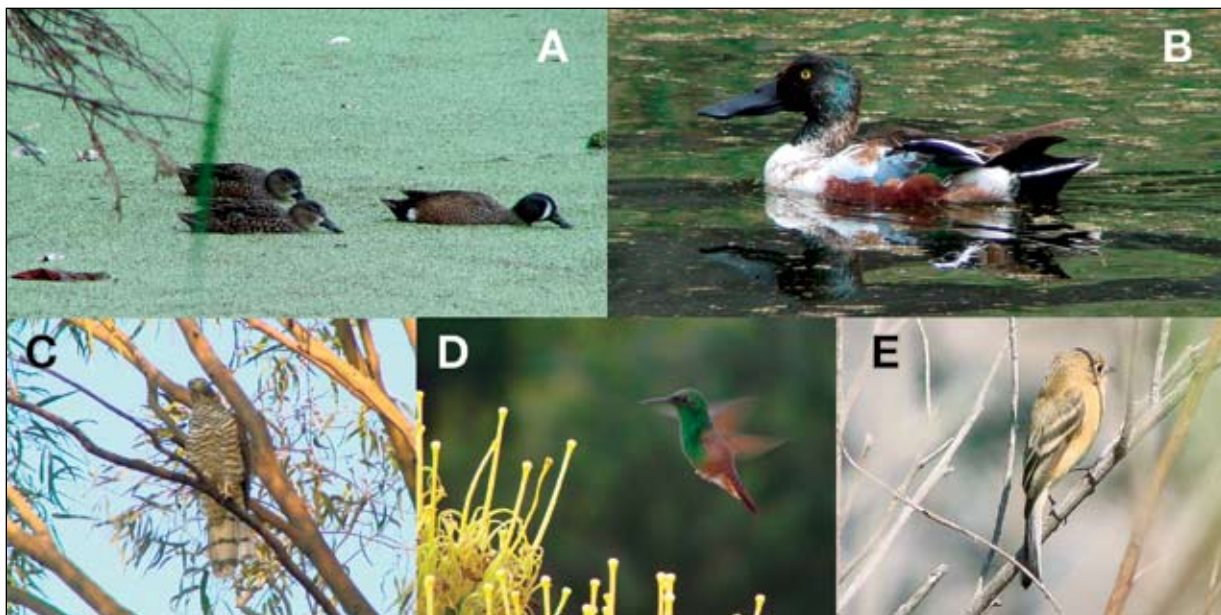
En el estatus de endemismo se detectan 28 especies (19%), distribuidas en siete especies endémicas, seis cuasiendémicas y 15 semiendémicas. Trece especies (8.7%) tienen algún estatus de conservación: dos están en peligro de extinción, cuatro están amenazadas y siete en estatus de protección especial, lo cual refleja la importancia de la avifauna presente en la Reserva del Pedregal.

De acuerdo a información obtenida hasta el momento se denota que la comunidad de aves de la REPSA establece y define sus territorios en defensa del uso de recursos y de hábitat para alimentarse y reproducirse, al igual que lo hacen muchas otras comunidades de aves en diferentes ambientes, salvo que esta área es muy significativa por la distribución y abundancia de sus zonas arboladas en una zona altamente urbanizada. A pesar

de esta urbanización, se distinguen tres hábitats importantes para este grupo de vertebrados: el terrestre, el acuático y el relacionado con los ambientes artificiales. En este último caso se encuentran las áreas del Jardín Botánico y del Vivero Alto, las cuales constituyen las Zonas de Amortiguamiento A10 y A11, respectivamente. El medio acuático se caracteriza por cuerpos de agua localizados en la Cantera Oriente y cuatro pequeños estanques localizados dentro del Jardín Botánico, donde se posicionan algunas aves acuáticas no cuantificadas en estudios anteriores.

Si bien estas observaciones forman parte de años de estudio, es evidente que representan una aproximación al conocimiento de las comunidades de aves urbanas de esta ciudad en constante desarrollo; por lo que se considera que es necesario continuar con los monitoreos, dadas las presiones ejercidas por el crecimiento poblacional y de urbanización de la ciudad de México.

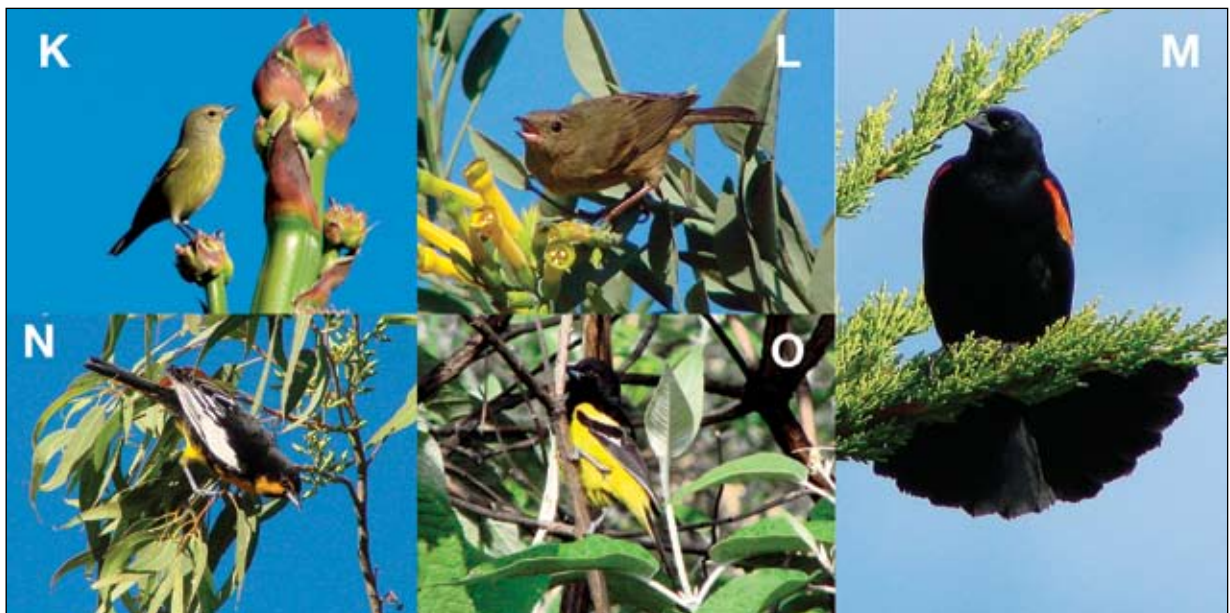
Se subraya la necesidad de proteger esta zona tan importante para la ciudad, como una de las áreas mejor conservadas por su estructura y cobertura vegetal, de modo que se permita el asentamiento de la fauna silvestre en general. Esto sin considerar que la REPSA ofrece un área de recreación y educación a los habitantes de la ciudad, tanto del presente como del futuro.



a) *Anas discors*, b) *Anas clypeata*, c) *Chondrohierax uncinatus*, d) *Amazilia beryllina*, e) *Empidonax fulvifrons*.



f) *Pyrocephalus rubinus*, g) *Aphelocoma californica*, h) *Polioptila caerulea*, i) *Toxostoma curvirostre*, j) *Bombycilla cedrorum*.



k) *Vermivora celata*, l) *Diglossa barytula*, m) *Agelaius phoeniceus*, n) *Icterus abeillei*, o) *Icterus parisorum*.

Apéndice 1. Avifauna de la Reserva del Pedregal con nombres comunes y nativos, residencia, abundancia, dietas, endemismos y estatus de conservación. Los nombres nativos se señalan en negritas.

Orden	Familia	Especie ¹	Nombre común y nativo (especie ilustrada) ²	Residencia ³	Abundancia ⁴	Dieta ⁵	Endemismo ⁶	NOM-ECOL-051-2007 ⁷	Ceballos y Marquez ⁸	CITES ⁹	IUCN ¹⁰	
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas platyrhynchos</i> Linnaeus, 1758	Pato real. Tlalacatl ^N	R	R	VaS		A	Fr		LC	
		<i>Anas discors</i> Linnaeus, 1766	Cerceta aliazul (a). Metzcanauhautli ^N	M(vi)	R	VaS					LC	
		<i>Anas clypeata</i> Linnaeus, 1758	Pato cucharón (b). Tempatlahoac	M(vi)	MR	VaS					LC	
Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Podilymbus podiceps</i> Linnaeus, 1758	Zambullidor piquipinto. Acintle ^N	M(vi)	MR	IVa					LC	
		<i>Ardea herodias</i> Linnaeus, 1758	Garza morena	R	MR	CI					LC	
		<i>Butorides virescens</i> (Linnaeus, 1758)	Martinete	R	C	CI					LC	
		<i>Nycticorax nycticorax</i> (Linnaeus, 1758)	Pedrete gris. Acacahoactli ^N	R	R	CI					LC	
		<i>Chondrohierax uncinatus</i> (Temminck, 1822)	Gavián piquiganchudo (c)	M(vi)	MR	C		Pr			II	LC
		<i>Circus cyaneus</i> (Linnaeus, 1766)	Rastrojero. Tlacuauhtli ^N	M(vi)	MR	C					II	LC
		<i>Accipiter striatus</i> Vieillot, 1808	Gavián pechirufo	M(vi)	MR	C		Pr			II	LC
		<i>Accipiter cooperii</i> (Bonaparte, 1828)	Gavián palomero	M(vi)	MR	C		Pr			II	LC
		<i>Parabuteo unicinctus</i> (Temminck, 1824)	Aguiilla cinchada	R	MR	C		Pr			II	LC
		<i>Buteo jamaicensis</i> (Gmelin, 1788)	Aguiilla cobriza. Chiscny ^o	R	MR	C					II	LC
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i> Linnaeus, 1758	Gavilancito. Chia ^{Mx}	M(vi)	R	CI				II	LC	

Orden	Familia	Especie ¹	Nombre común y nativo (especie ilustrada) ²	Residencia ³	Abundancia ⁴	Dieta ⁵	Endemismo ⁶	NOM-ECOL-051-2007 ⁷	Ceballos y Marquez ⁸	CITES ⁹	IUCN ¹⁰
		<i>Falco columbarius</i> Linnaeus, 1758	Halcón palomero. Cenotzqui ^N	M(vi)	MR	CI				II	LC
		<i>Falco peregrinus</i> Tunstall, 1771	Halcón peregrino	M(vi)	MR	CI		Pr	Ep	I	LC
		<i>Falco mexicanus</i> Schlegel, 1850	Halcón mexicano. Thotli ^N	M(t)	MR	CI		A	Ep	II	LC
Gruiformes											
	Rallidae										
		<i>Gallinula chloropus</i> (Linnaeus, 1758)	Gallineta	R	A	Val					LC
		<i>Fulica americana</i> Gmelin, 1789	Gallareta. Cuachiltón ^N	R	A	Val					LC
Caradriformes											
	Charadriidae										
		<i>Charadrius semipalmatus</i> Bonaparte, 1825	Collarillo	M(vi)	MR	I					LC
		<i>Charadrius vociferus</i> Linnaeus, 1758	Tildío. Amacozacatl ^N	M(vi)	R	I					LC
	Scolopacidae										
		<i>Actitis macularius</i> (Linnaeus, 1766)	Alzacolita	M(vi)	MR	I					LC
Columbiformes											
	Columbidae										
		<i>Columba livia</i> Gmelin, 1789	Paloma doméstica	R(l)	C	GF					LC
		<i>Zenaida asiatica</i> (Linnaeus, 1758)	Ptallera. Cehoiolotl ^N	M(vi)	R	GF					LC
		<i>Zenaida macroura</i> (Linnaeus, 1758)	Llorona. Uilolotl ^N	M(vi)	R	GF					LC
		<i>Columbina inca</i> (Lesson, 1847)	Torcacita. Cocotli ^N	R	A	G					LC
Psittaciformes											
	Psittacidae										
		<i>Aratinga canicularis</i> (Linnaeus, 1758)	Catarina	R(l)	MR	F		Pr		II	LC
		<i>Amazona albifrons</i> (Sparman, 1788)	Loro frentiblanca	R(l)	MR	F				II	LC
		<i>Amazona viridigenalis</i> (Cassin, 1853)	Loro tamaulipeco. Tlalacuezalli ^N	R(l)	MR	F	CE	P	Ep	I	EN
		<i>Amazona autumnalis</i> (Linnaeus, 1758)	Loro cariamarillo	R(l)	MR	F				II	LC
		<i>Amazona oratrix</i> Ridgway, 1887	Loro cabeciamarilla	R(l)	MR	F	CE	P	Ep	II	EN
Cuculiformes											

Orden	Familia	Especie ¹	Nombre común y nativo (especie ilustrada) ²	Residencia ³	Abundancia ⁴	Dieta ⁵	Endemismo ⁶	NOM-ECOL-051-2007	Ceballos y Marquez ⁸	CITES ⁹	IUCN ¹⁰
Strigiformes	Cuculidae	<i>Coccyzus americanus</i> (Linnaeus, 1758)	Abejarruco	M(t)	MR	I					LC
	Tytonidae										
		<i>Tyto alba</i> (Scopoli, 1769)	Lechuza de campanario. Yohoaltecolotl ^N	R	R	CI					LC
Caprimulgiformes	Strigidae	<i>Otus kennicottii</i> (Elliot, 1867)	Tecolotito occidental	R	MR	C				II	LC
		<i>Bubo virginianus</i> (Gmelin, 1788)	Tecolotón	R	MR	C				II	LC
	Caprimulgidae										
Apodiformes		<i>Caprimulgus vociferus</i> Wilson, 1812	Cuerporruín. Ehecachichinqui ^N	R	R	I					LC
	Apodidae										
		<i>Cypseloides niger</i> (Gmelin, 1789)	Vencejo negro	R	C	I					LC
		<i>Streptoprocne rutila</i> (Vieillot, 1817)	Vencejo cuellicastano	R(v)	R	I					LC
		<i>Streptoprocne semicollaris</i> Saussure, 1859	Golondrín	R(v)	C	I	E	Pr			LC
		<i>Chaetura vauxi</i> (Townsend, 1839)	Avioncito.	M(vi)	R	I					LC
	Trochilidae										
		<i>Colibri thalassinus</i> (Swainson, 1827)	Verdemar	R(v)	C	NI				II	LC
		<i>Cynanthus latirostris</i> Swainson, 1827	Chupaflor matraquita	R	A	NI	SE			II	LC
		<i>Hylocharis leucotis</i> (Vieillot, 1818)	Pico de coral	R	A	NI				II	LC
		<i>Amazilia beryllina</i> (Deppe, 1830)	Chupaflor berilo (d)	R	A	NI				II	LC
	<i>Amazilia violiceps</i> (Gould, 1859)	Chupaflor coronivioleta	R	C	NI	SE			II	LC	
	<i>Lampornis clemenciae</i> (Lesson, 1829)	Chupaflor gorgiazul	R(v)	R	NI	SE			II	LC	
	<i>Eugenes fulgens</i> (Swainson, 1827)	Chupaflor magnifico	R	C	NI				II	LC	
	<i>Calothorax lucifer</i> (Swainson, 1827)	Chupaflor lucifer	R	R	NI	SE			II	LC	
	<i>Archilochus colubris</i> (Linnaeus, 1758)	Chupaflor rubí	M(t)	R	NI				II	LC	

Orden	Familia	Especie ¹	Nombre común y nativo (especie ilustrada) ²	Residencia ³	Abundancia ⁴	Dieta ⁵	Endemismo ⁶	NOM-ECOL-051-2001 ⁷	Ceballos y Marquez ⁸	CITES ⁹	IUCN ¹⁰
		<i>Stellula calliope</i> (Gould, 1847)	Chupaflores rafaguitas	M(vi)	R	NI	SE			II	LC
		<i>Selasphorus platycercus</i> (Swainson, 1827)	Zumbador coliancho	M(vi)	R	NI	SE			II	LC
		<i>Selasphorus rufus</i> (Gmelin, 1788)	Zumbador rufo	M(vi)	R	NI				II	LC
Piciformes											
	Picidae										
		<i>Picoides scalaris</i> (Wagler, 1829)	Chejé	R	C	I					LC
		<i>Colaptes auratus</i> (Linnaeus, 1758)	Carpintero alirrojo. Kreto ^{Tr}	R	MR	I					LC
Passeriiformes											
	Tyrannidae										
		<i>Camptostoma imberbe</i> Sclater, 1857	Mosquito silvador	R(v)	MR	I					LC
		<i>Myiopagis viridicata</i> (Vieillot, 1817)	Elenia vercosa	R(v)	C	I					LC
		<i>Contopus pertinax</i> Cabanis and Heine, 1859	Tengofrío mayor	R	C	I					LC
		<i>Contopus sordidulus</i> Sclater, 1859	Tengofrío occidental	R(v)	C	I					LC
		<i>Empidonax minimus</i> (Baird and Baird, 1843)	Mosquito mínimo	M(t)	R	I					LC
		<i>Empidonax hammondi</i> (Xántus de Vesey, 1858)M(vi)	Mosquito pasajero	M(vi)	R	I					LC
		<i>Empidonax oberholseri</i> Phillips, 1939	Mosquito oscuro	M(vi)	R	I	SE				LC
		<i>Empidonax occidentalis</i> Nelson, 1897	Mosquito barranqueño	R	C	I	SE				LC
		<i>Empidonax fulvifrons</i> (Giraud, 1841)	Mosquito pechicanelo (e)	R	R	I					LC
		<i>Pyrocephalus rubinus</i> (Boddaert, 1783)	Cardenalito (f). Tlapaltototl ^N	R	C	I					LC
		<i>Myiarchus tuberculifer</i> (d'Orbigny and Lafresnaye, 1837)	Copetona	R	C	I					LC
		<i>Myiarchus cinerascens</i> (Lawrence, 1851)	Truenapico	M(t)	MR	I					LC
		<i>Tyrannus vociferans</i> Swainson, 1826	Chilera	R	A	I	SE				LC
		<i>Tyrannus forficatus</i> (Gmelin, 1789)	Tijería	M(t)	MR	I					LC
	Laniidae										

Orden	Familia	Especie ¹	Nombre común y nativo (especie ilustrada) ²	Residencia ³	Abundancia ⁴	Dieta ⁵	Endemismo ⁶	NOM-ECOL-051-2007	Ceballos y Marquez ⁸	CITES ⁹	IUCN ¹⁰
	Vireonidae	<i>Lanius ludovicianus</i> (Linnaeus, 1766)	Verduguillo. Tentzompanmamana ^N	R	C	CI					LC
		<i>Vireo bellii</i> Audubon, 1844	Vireo aceitunado	M(t)	C	IF					NT
		<i>Vireo cassini</i> Xantus de Vesev, 1858	Vireo de Cassin	M(vi)	R	IF	SE				LC
		<i>Vireo huttoni</i> Cassin, 1851	Vireo oliváceo	R	C	IF					LC
		<i>Vireo gilvus</i> (Vieillot, 1808)	Vireo gorjeador	M(vi)	C	IF					LC
	Corvidae										
		<i>Cyanocitta stelleri</i> (Gmelin, 1788)	Chachara copetona. Cuauhgallo	R(o)	C	O					LC
		<i>Calocitta formosa</i> (Swainson, 1827)	Urraca hermosa	R(l)	MR	O					LC
		<i>Cyanocorax yncas</i> (Boddaert, 1783)	Picachayote	R(l)	MR	O					LC
		<i>Cyanocorax sanblasianus</i> (Lafresnaye, 1842)	Cháchara	R(l)	MR	O	E				LC
		<i>Aphelocoma californica</i> (Vigors, 1839)	Chara azulaja (g)	R	C	O					LC
		<i>Aphelocoma ultramarina</i> (Bonaparte, 1825)	Grajo azul	R	R	O					LC
		<i>Corvus corax</i> Linnaeus, 1758	Cuervo grande	R	MR	O					LC
	Hirundinidae										
		<i>Stelgidopteryx serripennis</i> (Audubon, 1838)	Golondrina aliaserrada	M(t)	A	I					LC
		<i>Petrochelidon pyrrhonota</i> Vieillot, 1817	Avioncito	R(v)	A	I					LC
		<i>Hirundo rustica</i> Linnaeus, 1758	Golondrina tijerilla. Cuicuitcatl ^N	R(v)	A	I					LC
	Aegithalidae										
		<i>Psaltriparus minimus</i> (Townsend, 1837)	Sastrecito	R	MA	I					LC
	Troglodytidae										
		<i>Catherpes mexicanus</i> (Swainson, 1829)	Capichocho. Katzas ^{Tr}	R	A	I					LC
		<i>Thryomanes bewickii</i> (Audubon, 1827)	Saltapared tepetatero	R	A	I					LC
		<i>Troglodytes aedon</i> Vieillot, 1809	Matraquita	M(vi)	A	I					LC

Orden	Familia	Especie ¹	Nombre común y nativo (especie ilustrada) ²	Residencia ³	Abundancia ⁴	Dieta ⁵	Endemismo ⁶	NOM-ECOL-051-2007 ⁷	Ceballos y Marquez ⁸	CITES ⁹	IUCN ¹⁰
	Regulidae	<i>Regulus calendula</i> (Linnaeus, 1766)	Chispita	M(vi)	A	I					LC
	Sylviidae	<i>Poliophtila caerulea</i> (Linnaeus, 1766)	Pisita (h)	M(vi)	A	IF					LC
	Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i> (Nuttall, 1840)	Solitario	M(t)	C	IF					LC
		<i>Catharus guttatus</i> (Pallas, 1811)	Zorzalito colirrufa	M(vi)	A	IF					LC
		<i>Turdus rufopalliatu</i> s (Lafresnaye, 1840)	Primavera chivillo	R	MA	IF	CE				LC
		<i>Turdus migratorius</i> Linnaeus, 1766	Primavera real	R	MA	IF					LC
	Mimidae	<i>Mimus polyglottos</i> (Linnaeus, 1758)	Cenzontle. Centzontlatolli ^N	R	MR	IF					LC
		<i>Toxostoma curvirostre</i> (Swainson, 1827)	Huitlacoche (i). Cuitlacocho ^N	R	A	IF					LC
		<i>Melanotis caerulescens</i> (Swainson, 1827)	Mulato. Tzompan ^N	R	C	IF	E				LC
	Sturnidae	<i>Sturnus vulgaris</i> Linnaeus, 1758	Estornino	R(l)	C	IG					LC
	Bombycillidae	<i>Bombycilla cedrorum</i> Vieillot, 1808	Chinito (j). Cacuantototl ^N	M(vi)	MA	FI					LC
	Ptilonotidae	<i>Ptilonotus cinereus</i> Swainson, 1827	Jaltomatero	R	MA	FI	CE				LC
	Parulidae	<i>Vermivora peregrina</i> (Wilson, 1811)	Gusanero verdillo	M(t)	C	I					LC
		<i>Vermivora celata</i> (Say, 1823)	Gusanero coronianaranjada (k)	M(vi)	MA	I					LC
		<i>Vermivora ruficapilla</i> (Wilson, 1811)	Gusanero coroniocre	M(vi)	MA	I					LC
		<i>Vermivora virginiae</i> (Baird, 1860)	Gusanero de Virginia	M(vi)	R	I	SE				LC
		<i>Dendroica coronata</i> (Linnaeus, 1766)	Jarero	M(vi)	MA	I					LC
		<i>Dendroica nigrescens</i> (Townsend, 1837)	Chipe negrigris	M(vi)	C	I	SE				LC
		<i>Dendroica virens</i> (Gmelin, 1789)	Chipe dorsiverde	M(t)	C	I					LC
		<i>Dendroica townsendi</i> (Townsend, 1837)	Chipe negriamarillo	M(vi)	C	I					LC

Orden	Familia	Especie ¹	Nombre común y nativo (especie ilustrada) ²	Residencia ³	Abundancia ⁴	Dieta ⁵	Endemismo ⁶	NOM-ECOL-051-2007	Ceballos y Marquez ⁸	CITES ⁹	IUCN ¹⁰
		<i>Dendroica occidentalis</i> (Townsend, 1837)	Chiltote	M(vi)	MR	I					LC
		<i>Mniotilta varia</i> (Linnaeus, 1766)	Limpiatronco	M(vi)	MR	I					LC
		<i>Setophaga ruticilla</i> (Linnaeus, 1758)	Guajolotito	M(t)	MR	I					LC
		<i>Seiurus aurocapilla</i> (Linnaeus, 1766)	Chipe suelero	M(vi)	R	I					LC
		<i>Seiurus noveboracensis</i> (Gmelin, 1789)	Laguerito	M(vi)	R	I					LC
		<i>Oporornis tolmiei</i> (Townsend, 1839)	Chipe de Tolmie	M(vi)	A	I		A			LC
		<i>Geothlypis nelsoni</i> Richmond, 1900	Chipe enmascarado	R	C	I	E				LC
		<i>Wilsonia pusilla</i> (Wilson, 1811)	Chipe coroninegra	M(vi)	MA	I					LC
		<i>Myioborus miniatus</i> (Swainson, 1827)	Pavito gorrICASTAÑA	R(v)	C	I					LC
		<i>Basileuterus rufifrons</i> (Swainson, 1838)	Chipe gorrirufa	R	R	I	CE				LC
		<i>Icteria virens</i> (Linnaeus, 1758)	Buscabreña	M(t)	R	I					LC
	Thraupidae										
		<i>Piranga flava</i> (Vieillot, 1822)	Candelo	M(vi)	C	FI					LC
		<i>Piranga rubra</i> (Linnaeus, 1758)	Quitrique	M(vi)	C	FI					LC
		<i>Piranga ludoviciana</i> (Wilson, 1811)	Tāngara cabeciroja	M(vi)	C	FI					LC
	Emberizidae										
		<i>Diglossa baritula</i> Wagler, 1832	Picaflor (l)	R	A	NI					LC
		<i>Atlapetes pileatus</i> Wagler, 1831	Saltón hierbero	R	C	IF	E				LC
		<i>Melospiza kieneri</i> (Bonaparte, 1851)	Rascador coronirufa	R(v)	C	GI	E				LC
		<i>Pipilo fuscus</i> Swainson, 1827	Viejita. Llamarótol ^N	R	A	O					LC
		<i>Aimophila ruficeps</i> (Cassin, 1852)	Zacatonero coronirufa	R	A	GI					LC
		<i>Spizella passerina</i> Bechstein, 1798	Gorrion cejiblanco	R	MA	GI					LC
		<i>Spizella atrogularis</i> (Cabanis, 1851)	Gorrion barbinegro	R	C	GI					LC
		<i>Chondestes grammacus</i> (Say, 1823)	Gorrion arlequin	R	C	GI					LC
		<i>Melospiza melodia</i> (Wilson, 1810)	Gorrion cantor	R	A	GI					LC
		<i>Melospiza lincolni</i> (Audubon, 1834)	Pipi	M(vi)	C	GI					LC
		<i>Junco phaeonotus</i> Wagler, 1831	Ojilumbre. Ixtentlimuyotzi ^N	R(v)	MR	GI	CE				LC
	Cardinalidae										
		<i>Cardinalis cardinalis</i> (Linnaeus, 1758)	Copetoncito. Kuin-huriata ^{Tr}	R(v)	C	FI					LC

Orden	Familia	Especie ¹	Nombre común y nativo (especie ilustrada) ²	Residencia ³	Abundancia ⁴	Dieta ⁵	Endemismo ⁶	NOM-ECOL-051-2007 ⁷	Ceballos y Marquez ⁸	CITES ⁹	IUCN ¹⁰
		<i>Pheucticus ludovicianus</i> (Linnaeus, 1766)	Ahorcado. Yollotótol ^N	M(t)	MR	FI					LC
		<i>Pheucticus melanocephalus</i> (Swainson, 1827)	Tigrillo	M(vi)	A	FI	SE				LC
		<i>Passerina caerulea</i> (Linnaeus, 1758)	Azulejo maicero. Elotótol ^N	R(v)	A	GI					LC
		<i>Passerina cyanea</i> (Linnaeus, 1766)	Azulito	M(vi)	R	GI					LC
		<i>Passerina ciris</i> (Linnaeus, 1758)	Gietecolores. Huautótol ^N	M(t)	R	GI					NT
	Icteridae										
		<i>Agelaius phoeniceus</i> (Linnaeus, 1766)	Sargento (m). Acolchichic ^N	R(v)	C	IG					LC
		<i>Quiscalus mexicanus</i> (Gmelin, 1788)	Zanate. Tzánatl ^N	R	R	O					LC
		<i>Molothrus aeneus</i> (Wagler, 1829)	Tordo ojorojo	Rv)	MA	O					LC
		<i>Icterus spurius</i> (Linnaeus, 1766)	Bolsero castaño	M(t)	MR	FN					LC
		<i>Icterus bullockii</i> (Swainson, 1827)	Bolsero de Bullock	M(vi)	C	FN	SE				LC
		<i>Icterus abeillei</i> (Lesson, 1839)	Bolsero oscuro (n)	R	C	FN	E				LC
		<i>Icterus parisorum</i> Bonaparte, 1838	Bolsero tunero (o)	R	C	FN	SE				LC
	Fringillidae										
		<i>Carpodacus mexicanus</i> (Müller, 1776)	Burrero. Nochtótol ^N	R	MA	GI					LC
		<i>Carduelis psaltria</i> (Say, 1823)	Dominiquito dorado	R	C	GI					LC
	Passeridae										
		<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	Gorrión inglés	R	C	GI					LC

14	37	148
----	----	-----

1. Listado en orden filogenético.
 2. N: náhuatl, MX: mixteco, O: otomí, Tr: tarasco.
 3. R: residente, R(I): residente introducido o exótica, Ro: residente de otoño, Rv: residente de verano, M(vi): migratorio visitante de invierno, M(t): migratorio transitorio.
 4. MA: muy abundante, A: abundante, C: común, R: rara, MR: muy rara.
 5. C: carnívoro, F: frugívoro, I: Invertebrados, N: nectarívoro, G: granívoro, S: semillas, O: omnívoro, Va: vegetación acuática.
 6. E: endémica, CE: cuasiendémica y SE: semiendémica.
 7. P: en peligro, A: amenazada, Pr: protección especial, E: probablemente extinta en el medio silvestre.
 8. Según Ceballos y Márquez (2000): E: extinta, Ex: extirpada o probablemente extinta, Ep: en peligro de extinción, A: amenazada, Fr: frágil.
 9. I: especies en peligro de extinción, que son o pueden ser afectadas por su comercio, II: especies que no se encuentran en peligro de extinción, pero están amenazadas y pueden llegar a la primera situación, III: especies que están sometidas a una reglamentación territorial y que requieren de la cooperación de otros países para controlar su comercio.
 10. EX: Extinta, EW: extinta en la naturaleza, EN: en peligro de extinción, VU: vulnerable, NT: dependiente de la conservación, LC: bajo riesgo, DD: deficiente en información, NE: no valorado.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a los Dres. Antonio Lot Helgueras y Javier Caballero Nieto, así como al Biól. Francisco M. Martínez Pérez, por su apoyo y facilidades al permitir el acceso a distintas áreas de la REPSA a fin de llevar a cabo los monitoreos. A Ernesto González Mejía por su incondicional apoyo durante el trabajo de campo en todos estos años.

Literatura citada

- AOU, AMERICAN ORNITHOLOGIST'S UNION. 1998. Check-list of North American birds. Consultado en: <http://www.aou.org/aou/birdlist.htm>.
- AOU. 2000. Forty-second Supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American birds. *The Auk*, **117**:847–858.
- AOU. 2002. Forty-third Supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American birds. *The Auk*, **119**:897–906.
- AOU. 2003. Forty-fourth Supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American birds. *The Auk*, **120**:923–931.
- AOU. 2004. Forty-fifth Supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American birds. *The Auk*, **121**:985–995.
- AOU. 2005. Forty-sixth Supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American birds. *The Auk*, **122**:1026–1031.
- AOU. 2006. Forty-seventh Supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American birds. *The Auk*, **123**:926–936.
- AOU. 2007. Forty-eighth Supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American birds. *The Auk*, **124**:1109–1115.
- AOU. 2008. Forty-ninth Supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American birds. *The Auk*, **125**:758–768.
- ARENAS, S. 2004. Distribución y fenología de la avifauna del Ajusco Medio y del Pedregal de San Ángel. D. F. México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ARIZMENDI, M., A. ESPINOZA Y F. ORNELAS. 1994. Las aves del Pedregal de San Ángel. Pp. 239-260. En: Rojo, A. (comp.). La reserva ecológica "El Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BEISSINGER, S Y D. OSBORNE. 1982. Effects of urbanization on avian community organization. *The Condor*, **84**: 75-83
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2008. The BirdLife checklist of the birds of the world, with conservation status and taxonomic sources. Versión 1. Consultado en: http://www.birdlife.org/datazone/species/downloads/BirdLife_Checklist
- BIRKENSTEIN, L. 1981. Native name of Mexican birds. *Res. Publ. U.S. Fish Wildlife Service*, **139**:1-159.
- BOKOTERY, A. 1996. Preliminary results of work on the ornithological atlas of Lvov City. (Ukraine). *Acta Ornitológica*, **31**: 85-88.
- CABRERA, L. 1995. Ecología comparativa de dos comunidades de aves en un bosque templado del Ajusco Medio, D. F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CEBALLOS, G., M. DEL C. ARIZMENDI Y L. MÁRQUEZ. 2000. La diversidad y conservación de las aves de México. Pp. 23-68. En: Ceballos, G. y V.L. Márquez (coords.). Las aves de México en peligro de extinción. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica, México.
- CHÁVEZ, N. Y M. A. GURROLA. 2005. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria: un refugio natural de las aves en la ciudad de México. *Imagen Veterinaria*, **5**(2): 26-31.
- CHÁVEZ, N. Y M. A. GURROLA. 2007. Aves. Pp. 221-253. En: Lot, A. (coord.). Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- DÍAZ, S. C. 2008. Distribución espacio temporal de la avifauna en la zona árida y zona templada del Jardín Botánico del Instituto de Biología y los Viveros de la Unidad de Seminarios Ignacio Chávez, UNAM,

- México, D. F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GONZÁLEZ, L. 1984. Estudio de las aves asociadas a la flora del Jardín Botánico exterior de la UNAM. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, F. Y H. GÓMEZ DE SILVA. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. Pp. 150-194, en: Gómez de Silva, H. y A. Oliveras de Ita (eds.). Conservación de aves. Experiencias en México. National Fish and Wildlife Foundation y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- HOWELL, S. N. G. Y S. WEBB. 1995. A guide to the birds of Mexico and northern Central America. Oxford University Press, Oxford.
- LANCASTER, R. K. Y W. E. REES. 1979. Bird communities and the structure of urban habitat. *Canadian Journal of Zoology*, **57**: 2358-2368.
- MIRABELLA, P., M. FRAISSINET Y M. MILONE. 1996. Breeding birds and territorial heterogeneity in Naples City (Italy). *Acta Ornitologica*, **31**(1): 25-31
- NOCEDAL, J. 1987. Las comunidades de Pájaros y su relación con la urbanización en la ciudad de México. Pp. 73-109, en: Rapoport, E.H. e I. López-Moreno (eds.). Aportes a la ecología urbana de la ciudad de México. Instituto de Ecología y Limusa, México.
- NOM-059-ECOL-2001. 2002. Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestre-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Tomo DLXXXII, No.4. Diario Oficial de la Federación, México.
- IUCN, INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. 2007. Red List of Threatened Species. Consultado en: <www.iucnredlist.org>.
- RALPH, C. J. , G. R. GEUPEL, P. PYLE, T. E. MARTIN, DF. DESANTE Y B. MILA. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. General Technical Report PSW-GTR-159. 44 pp.
- RAMÍREZ, P. 2000. Aves de humedales en zonas urbanas del noroeste de la ciudad de México. Tesis de maestría. Facultad Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RAMÍREZ, M. 2004. Estudio Avifaunístico del Deportivo 18 de Marzo, Delegación Gustavo A. Madero, México, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RAMOS, M. 1974. Estudio ecológico de las aves del Pedregal de San Ángel, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- UNEP-WCMC. 2008. UNEP-WCMC species database: CITES-listed species. Consultado en: <http://sea.unep-wcmc.org/isdb/CITES/Taxonomy/tax-family-result.cfm/isdb/CITES/Taxonomy/tax-family-result.cfm?country=MEX&family=828&startrow=51&source=animals>
- VARONA, G. D. E. 2001. Avifauna de áreas verdes urbanas del norte de la ciudad de México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- VELÁZQUEZ, A. Y F. ROMERO, 1996. Biodiversidad de la zona sur del Valle de México y alternativas para su conservación. Reporte final del proyecto. Laboratorio de Ecología y Conservación de Fauna Silvestre. Departamento el Hombre y su Ambiente. UAM, Xochimilco. 81 pp.
- WILSON, R. G. Y L. H. CEBALLOS-LASCURAIN. 1993. The birds of Mexico City: An annotated checklist and bird-finding guide to the Federal District. BBC Print y Graph, Ontario.

Mamíferos silvestres

Yolanda Hortelano-Moncada, Fernando A. Cervantes y Aída Trejo

Departamento de Zoología, Instituto de Biología,

Universidad Nacional Autónoma de México

yolahm@ibiologia.unam.mx

Introducción

Los mamíferos tienen un gran valor cultural, ecológico y económico, por lo que su estudio ha traído cada vez mayores beneficios para el ser humano, sin embargo sus poblaciones se han reducido drásticamente, siendo la causa principal la acelerada transformación del hábitat natural, la urbanización y la contaminación.

En la Ciudad de México, una de las mayores urbes a nivel mundial, todavía es posible encontrar algunas especies nativas de mamíferos medianas y pequeñas que han logrado sobrevivir en los suburbios, en jardines y parques ciudadanos o en algunas construcciones antiguas. En la actualidad uno de los pocos ecosistemas naturales del sur del Valle de México es la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA), que es custodiada y manejada por la Universidad Nacional Autónoma de México. Recientemente las medidas para manejar esta reserva condujeron a incrementar su área (de 146.8 a 237.3 ha.), redefinirla y definir sus límites (de la Fuente, 2005; Prado y Peralta, 2005; REPSA, 2007). Al mismo tiempo se aplicaron acciones para su protección y vigilancia con la finalidad de asegurar la conservación de este patrimonio. A fin de ayudar a cumplir con este propósito, se han efectuado diversos estudios para conocer la diversidad biológica de la REPSA. Desafortunadamente, el inventario de la fauna está incompleto y la información disponible es escasa y aislada.

Los primeros registros de mamíferos en el área de la Reserva surgieron de evaluaciones mastofaunísticas globales sobre Norteamérica y la Cuenca de México

(Ceballos y Galindo, 1984; Hall, 1981; Hall y Kelson, 1959, Sánchez *et al.*, 1989; Villa, 1952, 1966). Posteriormente se realizan estudios particulares para el área, como inventarios sobre los mamíferos silvestres del Pedregal (Álvarez *et al.*, 1982), estudios que abordan aspectos de la historia natural de algunas especies (Chávez y Ceballos, 1992,1994; Chávez, 1993a, b) o aspectos sobre la distribución, abundancia y estado actual de sus poblaciones (Negrete *et al.*, 1994). Desafortunadamente, no se documentaron los resultados con la preparación de ejemplares de museo, registro en catálogos o por algún otro mecanismo, lo que hace imposible verificar dichos resultados.

Es necesario entonces, generar información básica y documentada sobre el componente mastozoológico de la biodiversidad del área que proporcione herramientas para un programa adecuado de conservación de la Reserva. Por lo tanto, el propósito de este trabajo es reportar el inventario actualizado de los mamíferos de la REPSA que incluya la actualización de la nomenclatura y la corroboración de la identidad taxonómica de los ejemplares que están depositados en las colecciones biológicas.

Materiales y métodos

El inventario actualizado de la Reserva fue obtenido revisando cuidadosamente la literatura y los registros en colecciones biológicas. Por otro lado, la búsqueda de registros de mamíferos de la REPSA y alrededores depositados en colecciones biológicas, se hizo al través

de Internet, en los bancos de datos de la Unidad de Informática para la Biodiversidad (UNIBIO), Portal de Biodiversidad, Instituto de Biología, UNAM (<http://unibio.ibiologia.unam.mx>) y el Portal Mammal Networked Information System, MANIS (Wieczorek, 2001, <http://manisnet.org>), mientras que en otras se solicitó la base de datos a los responsables de los acervos ó se realizó la toma de datos directamente de los ejemplares y catálogos asociados a ellos.

Debido a la vecindad de la REPSA con las instalaciones del Instituto de Biología, UNAM, los autores efectuaron colectas ocasionales en el área de estudio en relación a otros proyectos, en donde se utilizaron redes de niebla, trampas Sherman y Tomahawk. Asimismo, los autores recuperaron del área de estudio, mamíferos muertos atropellados o probablemente mordidos por perros, como musarañas, tlacuaches y ardillas y en menor número zorrillos y cacomixtles. Todos los ejemplares se prepararon como ejemplares de museo y, posteriormente fueron determinados taxonómicamente siguiendo los procedimientos convencionales (Hall, 1981; Medellín *et al.*, 1997; Villa y Cervantes, 2003). El material resultante de las colectas se depositó y catalogó en la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA) del IBUNAM.

Para el manejo y análisis de los datos se elaboró una base de datos con el programa Microsoft Access 2003, donde se incorporó la información biológica y la geográfica de los ejemplares en 50 campos de acuerdo con los lineamientos del Darwin Core (Ver. 3.0) y de MaNIS/HerpNet/ORNIS Georeferencing Guidelines (Wieczorek, 2001). Los nombres de las localidades de colecta fueron estandarizados y corregidos en caso necesario consultando los diarios y catálogos de campo y para cada una de las localidades se calcularon las coordenadas geográficas empleando la guía para georreferenciar de Manis (Wieczorek, 2001). En colectas recientes los datos se registraron usando un geoposicionador geográfico Garmin y para el resto se utilizaron listados de localidades (INEGI, 2000) y cartas topográficas a escalas de 1:50,000 ó 1:100,000 (INEGI, 1992, 2001; SCT, 1987). Asimismo, para estandarizar los procedimientos de georreferenciación de localidades de colecta referidas a instalaciones del *campus* de los ejemplares colectados en el pasado con los recientes, las coordenadas se tomaron con un geoposicionador frente a la entrada principal de las instalaciones mencionadas

en la literatura.

La información obtenida de la georreferenciación se visualizó utilizando el software Arcview y el mapa digitalizado de la REPSA preparado por el Instituto de Geografía, UNAM (Peralta *et al.*, 2005; REPSA, 2007). Por otro lado, se actualizó la nomenclatura y clasificación de los nombres de los mamíferos encontrados en la REPSA de acuerdo al listado taxonómico de Ramírez-Pulido *et al.* (2005), con excepción de la Familia Heteromyidae donde se siguieron las recomendaciones de Hafner *et al.* (2007).

Resultados

Se identificaron 16 referencias donde se mencionan registros de mamíferos para la REPSA (Álvarez *et al.*, 1982; Castellanos, 2006; Ceballos y Galindo, 1984; Chávez, 1993a, 1993b; Chávez y Ceballos, 1992, 1994; García, 2007; Hall, 1981; Negrete, 1991; Negrete y Soberón, 1994; Sánchez *et al.*, 1989; Villa, 1952, 1966; Villa y Cervantes, 2003; Villa y Sánchez, 1991), ocho son exclusivas de mamíferos de la REPSA y el resto son evaluaciones globales de la Cuenca de México, del país o de Norteamérica (Tabla 1). El trabajo más antiguo en donde se hace referencia a mamíferos de la REPSA es de Villa (1952) y el más reciente corresponde al de García (2007).

Un total de 20 colecciones nacionales y extranjeras fueron consultadas, sin embargo solo en las siguientes ocho se encontraron registros, se anota el nombre completo de la colección, en negritas el acrónimo (Hafner, *et al.* 1997) y entre paréntesis, el número de registros en cada una de ellas. Colección Nacional de Mamíferos, Instituto de Biología, UNAM, **CNMA** (297); Museum of Zoology, University of Michigan **UMMZ** (151); Colección de Cordados, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, **ENCB** (52); Field Museum of Natural History, **FMNH** (43); Natural History Museum, University of Kansas, **KU** (36); Museum of Vertebrate Zoology, University of California, Berkeley, **MVZ** (34) Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Facultad de Ciencias, UNAM, **MZFC** (10) y Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, **UAMI** (5). La base de datos elaborada a partir de estos registros, así como de los ejemplares colectados recientemente, produjo un total de 628 registros de mamíferos para la REPSA y alrededores (Apéndice 1, Base disponible en el Portal UNIBIO: <http://unibio.ibunam.mx>).

Tabla 1. Registros bibliográficos de la mastofauna silvestre de la Reserva del Pedregal. El arreglo se realiza de acuerdo a Ramírez-Pulido *et al.* (2005), con excepción de la familia Heteromyidae (Hafner, 2007). 1. Villa (1952); 2. Villa (1966); 3. Hall (1981), 4. Ceballos y Galindo (1984), 5. Sánchez *et al.* (1989), 6. *Negrete (1991) y *Negrete y Soberón (1994), 7. Chávez y Ceballos (1992,1994), 8. *Chávez (1993b), 9. *Alvarez *et al.* (1982), 10. Villa y Cervantes (2003) y PE. Presente estudio. Con un asterisco se marca la publicación exclusiva de la REPSA y los nuevos Registros. Dos asteriscos indican registros publicados pero no enlistados en los inventarios previos para la Reserva y con tres asteriscos aquellas especies no reconocidas por los autores del presente estudio por no encontrar evidencia de su presencia en la zona. En la segunda columna los sinónimos publicados en estos listados y con un superíndice la publicación en la que aparecen.

Especie	Sinónimos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PE
<i>Didelphis virginiana californica</i>		X			X		X	X		X		X
<i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	<i>S. orizabae</i> ⁹ , <i>S. floridanus</i> ⁹ ,	X			X		X			X		X
* <i>Sciurus aureogaster nigrescens</i>												X
** <i>Spermophilus adocetus adocetus</i>												X
*** <i>Spermophilus mexicanus mexicanus</i>					X		X			X		
<i>Spermophilus variegatus variegatus</i>					X		X	X	X	X		X
*** <i>Microtus mexicanus mexicanus</i>							X			X		
<i>Baiomys taylori analogus</i>		X			X		X			X		X
<i>Neotoma mexicana torquata</i>					X		X	X	X	X		X
<i>Peromyscus gratus gratus</i>	<i>P. truei gratus</i> ⁹ , <i>P. gratus</i> ⁸	X			X		X	X	X	X		X
<i>Peromyscus maniculatus labecula</i>							X			X		X
* <i>Peromyscus melanophrys melanophrys</i>												X
*** <i>Peromyscus melanotis</i>		X			X		X					
<i>Reithrodontomys fulvescens toltecus</i>		X					X	X	X	X		X
<i>Reithrodontomys megalotis saturatus</i>		X			X		X			X		X
<i>Sigmodon hispidus</i>	<i>S. h. berladierei</i> ^{4,6,7,10} , <i>S. h. obvelatus</i>				X		X				X	X
<i>Cratogeomys merriami merriami</i>	<i>Pappogeomys merriami</i> ^{9,7,6}				X		X			X	X	X
<i>Liomys irroratus alleni</i>					X		X					X
<i>Urocyon cinereoargenteus nigrirostris</i>					X		X			X		X
<i>Mephitis macroura macroura</i>					X		X			X		X
<i>Spilogale putorius angustifrons</i>	<i>S. angustifrons</i> ⁹				X		X			X		X
<i>Bassariscus astutus astutus</i>							X			X		X
<i>Mustela frenata frenata</i>	<i>M. frenata perotae</i> ⁶						X			X		X
<i>Sorex saussurei saussurei</i>					X		X	X		X	X	X

Especie	Sinónimos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PE
*** <i>Sorex ventralis</i>	<i>S. oreopolus</i> ⁵ , <i>S. oreopolus ventralis</i> ⁷				X		X				X	X
*** <i>Pteronotus parnelli mexicanus</i>	<i>P. parnelli mexicana</i> ⁹									X		
<i>Mormoops megalophylla megalophylla</i>					X	X	X			X		X
<i>Leptonycteris curasoae yerbabuena</i>	<i>L. yerbabuena</i> ⁹ , <i>L. sanborni</i> ⁵		X		X	X	X			X	X	X
*** <i>Leptonycteris nivalis</i>							X			X		
<i>Anoura geoffroyi lasiopyga</i>						X	X			X		X
<i>Choeronycteris mexicana</i>					X	X	X			X		X
<i>Tadarida brasiliensis mexicana</i>			X		X	X	X			X	X	X
<i>Nyctinomops macrotis</i>	<i>Tadarida macrotis</i> ⁹				X	X	X			X		X
** <i>Lasiurus blossevillii teliotis</i>	<i>L. borealis teliotis</i> ⁵					X						X
<i>Lasiurus cinereus cinereus</i>			X		X	X	X			X		X
<i>Corynorhinus mexicanus</i>	<i>Plecotus mexicanus</i> ^{9,6,8}		X		X	X	X			X	X	X
<i>Idionycteris phyllotis</i>	<i>Plecotus phyllotis</i> ²		X	X	X	X	X				X	X
<i>Eptesicus fuscus miradorensis</i>					X	X	X					X
<i>Myotis velifer velifer</i>					X	X	X			X		X
*** <i>Myotis occultus</i>	<i>M. lucifugus occultus</i> ⁹									X		
*** <i>Eumops underwoodi sonoriensis</i>	<i>E. u. underwoodii</i>				X					X		

Los ejemplares de la REPSA depositados en las colecciones biológicas antes mencionadas están preservados en piel, cráneo, esqueleto ó alcohol, en donde, el ejemplar más antiguo corresponde a 1943 y el más reciente a 2008. Aproximadamente 50 colectores contribuyeron con la colecta de ejemplares y durante el periodo de 1943 -1949 se realizó la colecta más numerosa, con 303 ejemplares.

El número total de especies nativas registradas en este estudio para la REPSA fue de 33, agrupadas en 28 géneros, 15 familias y seis órdenes, en el cual están incluidos dos nuevos registros para el área de estudio: la ardilla gris, *Sciurus aureogaster nigrescens* (Fig. 2a), y el ratón del Altiplano, *Peromyscus melanophrys* (Tabla 2).

Las ardillas, tuzas, ratas y ratones (Orden Rodentia) son los mamíferos mejor representados con 4 familias 9 géneros y

13 especies (39.5%), le siguen los murciélagos (Orden Chiroptera) con 4 familias 11 géneros y 12 especies (36.5%). Los cacomixtles, zorras y zorrillos, Orden Carnivora, están representados por 4 familias 5 géneros y 5 especies (15%). Además hay en el Pedregal una especie de musaraña, una de tlacuache y una de conejo, Ordenes Soricomorpha, Didelphimorphia y Lagomorpha, respectivamente (Tabla 2).

Los mamíferos exóticos y ferales que habitan la REPSA, como la rata de caño (*Rattus norvegicus*), el ratón doméstico (*Mus musculus*), el gato doméstico (*Felis silvestres*) y el perro doméstico (*Canis familiaris*), no fueron considerados en la lista de resultados.

La distribución espacial de las especies listadas comprende el área de la REPSA (zona núcleo y de amortiguamiento), el campus de Ciudad Universitaria y zonas aledañas, San Jerónimo, Pedregal de San Ángel, Tizapán

Tabla 2. Mamíferos de la Reserva del Pedregal. Con un asterisco se marcan aquellos mamíferos registrados por primera vez para esta área y con dos asteriscos registros publicados pero no enlistados en los inventarios previos. Asimismo, se anota la categoría de riesgo (CR) de cada taxón (SEMARNAT, 2002) en donde A= especie amenazada y Pr= Especie en protección especial y si es un taxón endémico (EN) o monotípico (Mo); (Ramírez-Pulido *et al.*, 2005; Hafner *et.al.*, 2007).

	Nombre común	CR	EN	Mo
Clase Mammalia				
Subclase Theriformes				
Infraclase Metatheria				
Orden Didelphimorphia				
Familia Didelphidae				
Subfamilia Didelphinae				
1. <i>Didelphis virginiana californica</i>	Tlacuache			
Orden Lagomorpha				
Familia Leporidae				
2. <i>Sylvilagus floridanus orizabae</i>	Conejo castellano			
Orden Rodentia				
Familia Sciuridae				
Subfamilia Sciurinae				
3. <i>Sciurus aureogaster nigrescens*</i>	Ardilla gris			
4. <i>Spermophilus adocetus adocetus**</i>	Cuinique		X	
5. <i>Spermophilus variegatus variegatus</i>	Ardillón			
Familia Muridae				
Subfamilia Sigmodontinae				
6. <i>Baiomys taylori analogus</i>	Ratón pigmeo			
7. <i>Neotoma mexicana torquata</i>	Rata de monte			
8. <i>Peromyscus gratus gratus</i>	Ratón piñonero		X	
9. <i>Peromyscus maniculatus labecula</i>	Ratón de campo			
10. <i>Peromyscus melanophrys melanophrys*</i>	Ratón del Altiplano		X	
11. <i>Reithrodontomys fulvescens toltecus</i>	Ratón silvestre			
12. <i>Reithrodontomys megalotis saturatus</i>	Ratón silvestre			
13. <i>Sigmodon hispidus</i>	Rata algodónera			X
Familia Geomyidae				
Subfamilia Geomyinae				
14. <i>Cratogeomys merriami merriami</i>	Tuza llanera		X	
Familia Heteromyidae				
Subfamilia Heteromyiinae				
15. <i>Liomys irroratus alleni</i>	Ratón espinoso mexicano			
Orden Carnivora				

	Nombre común	CR	EN	Mo
Familia Canidae				
Subfamilia Caninae				
16. <i>Urocyon cinereoargenteus nigrirostris</i>	Zorra gris			
Familia Mephitidae				
17. <i>Mephitis macroura macroura</i>	Zorrillo encapuchado			
18. <i>Spilogale putorius angustifrons</i>	Zorrillo manchado			
Familia Procyonidae				
Subfamilia Bassariscinae				
19. <i>Bassariscus astutus astutus</i>	Cacomixtle			
Familia Mustelidae				
Subfamilia Mustelinae				
20. <i>Mustela frenata frenata</i>	Comadreja			
Orden Soricomorpha				
Familia Soricidae				
Subfamilia Soricinae				
21. <i>Sorex saussurei saussurei</i>	Musaraña			
Orden Chiroptera				
Familia Mormoopidae				
22. <i>Mormoops megalophylla megalophylla</i>	Murciélago bigotudo			
Familia Phyllostomidae				
Subfamilia Glossophaginae				
23. <i>Leptonycteris curasoae yerbabuena</i>	Murciélago magueyero	A		
24. <i>Anoura geoffroyi lasiopyga</i>	Murciélago lengüilargo			
25. <i>Choeronycteris mexicana</i>	Murciélago trompudo	A		X
Familia Molossidae				
Subfamilia Molossinae				
26. <i>Tadarida brasiliensis mexicana</i>	Murciélago de cola libre			
27. <i>Nyctinomops macrotis</i>	Murciélago coludo de orejas grandes			X
Subfamilia Vespertilioninae				
28. <i>Lasiurus blossevilli teliotis*</i>				
29. <i>Lasiurus cinereus cinereus</i>	Murciélago colorado			
30. <i>Corynorhinus mexicanus</i>	Murciélago canoso			
31. <i>Idionycteris phyllotis</i>	Murciélago orejas de mula		X	X
32. <i>Eptesicus fuscus miradorensis</i>	Murciélago de cuatro orejas			
Subfamilia Myotinae				
33. <i>Myotis velifer velifer</i>	Murcielaguito pardo	Pr		

y Coyoacán, entre otras (Fig. 1, Apéndice 2). La representación de ejemplares por especie encontrada en las colecciones mastozoológicas varía desde 1 hasta 316. Cuatro taxa (12%) están representados por un número de ejemplares relativamente alto: el tlacuache *Didelphis virginiana* (Fig. 2b), el ardillón *Spermophilus variegatus* (Fig. 2c), el ratón pigmeo, *Baiomys taylori* y el ratón piñonero, *Peromyscus gratus* (Fig. 2d), con, 41, 24, 69 y 316 ejemplares, respectivamente. En contraste, se registraron 11 especies (32%) que están representadas solamente por un ejemplar; tal es el caso de la ardilla cuinique, *S. a. adocetus*, el ratón del Altiplano, *P. m. melanophrys*, la tuza llanera, *Cratogeomys merriami merriami*, la comadreja, *Mustela frenata frenata* y el murciélago colorado *Lasiurus blosevilli teliotis*, el murciélago de cuatro orejas, *Idionycteris phyllotis*, el gran murciélago moreno, *Eptesicus fuscus* y el murciélaguito pardo, *Myotis velifer* (Apéndice 1).

Tres de las especies de mamíferos registradas para la REPSA se encuentran en alguna categoría de riesgo definida por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT, 2002). En categoría de Amenazada están dos murciélagos filostómidos: *Leptonycteris curasoae* y *Choeronycteris mexicana* (Fig. 2e y 2f respectivamente), mientras que un murciélago vespertilionido, *Corynorhinus mexicanus*, se encuentra en la categoría de Protección Especial. Asimismo, se documentaron cuatro especies monotípicas, conformadas por un roedor (*Sigmodon hispidus*) y tres murciélagos (*C. mexicana*, *Nyctinomops macrotis* y *Corynorhinus mexicanus*). Los mamíferos de la REPSA incluyen cinco taxa endémicos de México, dos ratones (*P. g. gratus* y *P. m. melanophrys*), una tuza (*C. m. merriami*), una ardilla (*S. a. adocetus*) y un murciélago (*C. mexicana*). Sin embargo, ninguna especie es endémica de la REPSA, el Distrito Federal o la Cuenca de México (Tabla 2).



FIG. 1. Posición geográfica de las localidades de colecta (Apéndice 2) de los registros de ejemplares de museo, de mamíferos en la Reserva del Pedregal. La zona núcleo está representada por los polígonos claros y la zona de amortiguamiento por los oscuros.



FIG 2. Mamíferos más abundantes de la REPSA: a) Ardilla gris, *Sciurus aureogaster* (Foto: Raúl Martínez), al parecer de reciente introducción y nuevo registro para la REPSA, b) Tlacuache, *Didelphis virginiana*, (Foto: Cecilia Arana), c) Ardillón, *Spermophilus variegatus* (Foto: Raúl Martínez) d) Ratón piñonero, *Peromyscus gratus*, (Foto: Raúl Martínez y Yolanda Hortelano), esta última especie es endémica de México y su localidad tipo está cercana a la REPSA. Habitantes de la REPSA considerados como especies amenazadas, según la NOM - 059, e) Murciélago magueyero, *Leptonycteris curasoae* (Foto: Matías Martínez) y f) Murciélago trompudo *Choeronycteris mexicana* (Foto: Yolanda Hortelano).

Asimismo, es importante mencionar que la literatura científica reporta 13 holotipos de mamíferos, correspondientes a cinco localidades tipo que están en el Distrito Federal (Álvarez *et al.*, 1997). Nueve de estas especies son o fueron habitantes de la Reserva, tal es el caso de la comadreja, *Mustela frenata* (Fig. 3a), el ca-comixtle, *Bassariscus astutus* (Fig. 3b), zorrillo encapuchado, *Mephitis macroura*, zorrillo manchado *Spilogale putorius*, el ratón piñonero *Peromyscus gratus*, ratón

silvestre *Reithrodontomys fulvescens*, el ratón espinoso *Liomys irroratus* y murciélago de cola libre *Nyctinomys macrotis*. Esto es de gran importancia ya que la localidad tipo en algunos casos ha sido sustituida por asentamientos humanos y por lo tanto las especies podrían ya no estar en las zonas donde fueron descritas originalmente, siendo la Reserva el último reducto de material genético de estas especies.

Apéndice 1. Ejemplares de museo que documentan la presencia de mamíferos de la Reserva. Entre paréntesis se anota el número total de ejemplares por especie, seguido de la colección en donde están depositadas y el número de catálogo correspondiente.

- Tlacuache, *Didelphis virginiana californica* (41): CNMA 437, 796, 3785-3787, 8736, 11305, 16491, 23070, 30722-30723, 31342, 33417, 34642-34645, 34780, 34858, 37131, 40199, 42908-42910, 43372-43377, 44049-44054, 44085. ENCB 40020, 40730. MZFC 3465, 3468.
- Conejo castellano, *Sylvilagus floridanus orizabae* (5): CNMA 1059-1061, 18292. KU 28273.
- Ardilla gris, *Sciurus aureogaster nigrescens* (4): CNMA 39693, 42915, 43381-43382
- Cuinique, *Spermophilus adocetus adocetus* (1): CNMA 15585.
- Ardillón, *Spermophilus variegatus variegatus* (24): CNMA 8303, 15643, 15644, 15588-15589, 16006, 16487, 17040, 27271, 27693, 34648-34649, 39694, 42914, 43378-43380, 44070. MZFC 189, 462, 5640. ENCB 787, 2018, 10250.
- Ratón pigmeo, *Baiomys taylori analogus* (69): CNMA 200, 588, 602. KU 28076, 28096-28099. FMNH 55928-55941, 55969-55970. ENCB 27, 198-199, 201-202, 692. MVZ 100329-100330. UMMZ 88909-88944, 89405.
- Rata de monte, *Neotoma mexicana torquata* (11): CNMA 5471-5472, 15223, 34680-34682. ENCB 22-25, 5182.
- Ratón piñonero, *Peromyscus gratus gratus* (316): CNMA 689-696, 698-699, 713-731, 797-798, 3804, 9479, 10113-10122, 11624-11625, 11646-11676, 14863, 14864, 15208-15209, 15123-15124, 15608, 15650, 33517-33525, 33591, 34650-34676, 42916, 44071-44082. KU 28181-28186, 28191-28193, 28212-28228, 28230. UAMI: 2788-2789. UMMZ 89093-89117, 89119-89132, 89135, 89138-89155, 89157, 89159-89165, 89407, 90714, 93442-93443. MVZ: 100510-100541. FMNH 55833-55848, 55861-55865, 55968. MZFC 184-186. ENCB 26, 29, 182-190, 193-196, 204-205, 574-580, 694.
- Ratón de campo, *Peromyscus maniculatus labecula* (8): CNMA 15652. UMMZ 89118, 89133-89134, 89136-89137, 89156. MZFC 2925.
- Ratón del Altiplano, *Peromyscus melanophrys melanophrys* (1): CNMA 32015.
- Ratón silvestre, *Reithrodontomys fulvescens toltecus* (20): CNMA 542, 693, 5941, 34677-34679, 44083-44084. UMMZ 88810-88811, 88813-88814, 95924-95926. FMNH 55917. ENCB 21, 28, 351. KU 28067.
- Ratón silvestre, *Reithrodontomys megalotis saturatus* (9): CNMA 543-545. KU 28063-28064. UMMZ 88809, 88812. FMNH 61830-61831.
- Rata algodónera hispida, *Sigmodon hispidus* (2): ENCB 5873-5874.
- Tuza llanera, *Cratogeomys merriami merriami* (1): CNMA 15118.
- Ratón espinoso mexicano, *Heteromys irroratus alleni* (31): CNMA 4584, 11549. FMNH 55791-55792. UMMZ 88748-88774.
- Zorra gris, *Urocyon cinereoargenteus nigrirostris* (1): CNMA 15636.
- Comadreja, *Mustela frenata frenata* (1): CNMA 9623.
- Zorrillo encapuchado, *Mephitis macroura macroura* (3): CNMA 14592, 15634, 16887.
- Zorrillo manchado, *Spilogale putorius angustifrons* (5): CNMA 16885, 44069. ENCB 520, 5875-5876.
- Cacomixtle, *Bassariscus astutus astutus* (4): CNMA 42913, 43383, 44067, 44068.
- Musaraña, *Sorex saussurei saussurei* (17): CNMA 9059, 38637, 42911-42912, 43368-43371, 44055-44062. UMMZ 88639.
- Musaraña, *Sorex ventralis* (1) ENCB 5229.
- Murciélago bigotudo de cara plegada, *Mormoops megalophylla megalophylla* (2): CNMA 3928, 9886.
- Murciélago magueyero, *Leptonycteris curasoae yerbabuena* (4): CNMA 4729, 34647, 42770-42771
- Murciélago lenguilargo, *Anoura geoffroyi lasiopyga* (6): CNMA 15478, 16965, 22570, 34646, 42768-42769.
- Murciélago trompudo, *Choeronycteris mexicana* (14): CNMA 15485-15486, 42760-42767, 44063-44066.
- Murciélago de cola libre, murciélago guanero mexicano, *Tadarida brasiliensis mexicana* (13): CNMA 1747, 3922, 9874, 11495, 13445, 14878, 15580, 15642, 17035, 18531. UAMI: 1622, 4857, 10411.
- Murciélago de cola libre, *Nyctinomops macrotis* (6): CNMA 11497, 39349, 40871-40873. MZFC 6685.
- Murciélago colorado, *Lasiurus blossevilli teliotis* (1) CNMA 18531
- Murciélago escarchado o canoso, *Lasiurus cinereus cinereus* (2) CNMA 10682, UMMZ 91904
- Murciélago orejas de mula, *Corynorhinus mexicanus* (2): CNMA 7358, 9718.
- Murciélago de cuatro orejas, *Idionycteris phyllotis* (1): CNMA 6145.
- Gran murciélago moreno, *Eptesicus fuscus miradorensis* (1): ENCB 3730.
- Murciélaguito pardo, *Myotis velifer velifer* (1): ENCB 7641.

Apéndice 2. Localidades de colecta de los registros de los mamíferos de la Reserva del Pedregal y sus alrededores. Con un asterisco se señalan las localidades que se encuentran en los alrededores de la REPSA y Ciudad Universitaria. Los números indican la localidad de colecta representadas en la Fig. 1. Salvo que se indique lo contrario, todas las localidades están en la Delegación Coyoacán.

No.	Localidad	Coordenadas					
		19	18	41	99	11	02
1	1 km S Ciudad Universitaria	19	18	41	99	11	02
2	*1 km S Pedregal de San Ángel	19	18	41	99	10	00
3	1.2 km S Ciudad Universitaria	19	18	34	99	11	02
4	1.6 km S Ciudad Universitaria	19	18	21	99	11	02
5	Alberca de Ciudad Universitaria	19	19	45	99	11	06
6	*Avenida Universidad y Copilco	19	20	13	99	11	02
7	*Cerro Zacatépetl	19	18	02	99	11	49
8	Circuito Exterior, Ciudad Universitaria	19	19	14	99	11	02
9	Circuito Zona Cultural de Ciudad Universitaria	19	18	58	99	10	49
10	Circuito Zona Escolar de Ciudad Universitaria	19	19	48	99	11	02
11	Ciudad Universitaria	19	19	14	99	11	02
12	Zona Núcleo Oriente adyacente al Espacio Escultórico	19	19	08	99	10	50
13	Estadio México 68 (Costado Sur)	19	19	54	99	11	45
14	Estadio México 68, (Lateral Insurgentes)	19	19	53	99	11	23
15	Facultad de Ciencias (Edificio Antiguo), Ciudad Universitaria	19	19	58	99	10	57
16	Facultad de Ciencias, Ciudad Universitaria	19	19	28	99	10	53
17	Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria	19	19	39	99	10	48
18	Facultad de Medicina, Ciudad Universitaria	19	19	55	99	10	43
19	Facultad de Odontología	19	19	20	99	10	52
20	*Falda SW Cerro Zacatépetl, 3.9 km SW Monumento Álvaro Obregón, Del. Álvaro Obregón.	19	19	14	99	12	49
21	Frontón Cerrado, Ciudad Universitaria	19	19	26	99	11	11
22	Instituto de Biología (Circuito Exterior), Ciudad Universitaria	19	19	12	99	11	33
23	Invernadero Faustino Miranda, Instituto de Biología	19	19	44	99	10	49
24	Jardín Botánico Exterior, Instituto de Biología	19	19	06	99	11	36
25	Límite E Ciudad Universitaria	19	19	13	99	10	19
26	Límite S Ciudad Universitaria	19	18	26	99	11	05

No.	Localidad	Coordenadas					
		19	18	29	99	10	24
27	Límite SE Ciudad Universitaria	19	18	29	99	10	24
28	Límite SSE Ciudad Universitaria	19	18	31	99	10	33
29	Límite SSW Ciudad Universitaria	19	18	32	99	11	27
30	Zona Núcleo Poniente adyacente a la Mesa Vibradora	19	18	58	99	11	47
31	Museo UNIVERSUM	19	18	40	99	10	59
32	*Pedregal de San Ángel, Del. Álvaro Obregón	19	19	14	99	10	00
33	*Pedregal de San Ángel, 0.80 km S Tizapán, Del. Álvaro Obregón	19	19	35	99	12	14
34	*Pedregal de San Ángel, 1.61 km S Tizapán	19	19	09	99	12	14
35	*Pedregal de San Ángel, 1.61 km SW Monumento Álvaro Obregón	19	20	07	99	11	47
36	*Pedregal de San Ángel, 1.61 km SW Tizapán	19	19	24	99	12	52
37	Pedregal de San Ángel, 2.09 km S Monumento Álvaro Obregón	19	19	36	99	11	09
38	*Pedregal de San Ángel, 3.06 km SW Monumento Álvaro Obregón	19	19	34	99	12	22
39	Pedregal de San Ángel, 3.22 km S Monumento Álvaro Obregón	19	18	59	99	11	09
40	Pedregal de San Ángel, 3.70 km S Monumento Álvaro Obregón	19	18	43	99	11	09
41	Pedregal de San Ángel, 4.18 km S Monumento Álvaro Obregón	19	18	28	99	11	09
42	*Pedregal de San Ángel, 6.84 km SW Álvaro Obregón	19	21	21	99	14	55
43	Pedregal de San Jerónimo	19	19	24	99	13	00
44	*Pedregal, 1.61 km S Coyoacán (Pedregal de San Francisco)	19	20	07	99	09	42
45	*Presa Anzaldo, Pedregal de San Ángel	19	18	32	99	13	10
46	Rectoría, Ciudad Universitaria	19	19	54	99	11	18
47	Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria	19	18	45	99	11	17
48	*San Ángel Jardines del Pedregal	19	19	11	99	12	10
49	*San Jerónimo, 6.44 km SW Álvaro Obregón	19	16	30	99	14	45
50	San Jerónimo, 7.24 km SW Álvaro Obregón	19	21	12	99	15	06
51	Senda Ecológica UNIVERSUM, Zona de amortiguamiento A4, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria	19	18	46	99	10	50
52	Unidad de seminarios Dr. Ignacio Chávez, Ciudad Universitaria	19	18	48	99	11	44

Discusión

Los registros extraídos de publicaciones para la REPSA para la Cuenca de México o para el país, oscilaron entre uno y 37 (Villa, 1952, 1966, Ceballos y Galindo, 1984, Hall, 1981; Sánchez *et al.*, 1989; Villa y Cervantes 2003). En una recopilación sobre la ecología, historia natural y manejo de la Reserva Ecológica “El Pedregal de San Ángel” (Rojo, 1994) se publican tres capítulos sobre los mamíferos de esta Reserva. Uno de los trabajos (Álvarez *et al.*, 1982,1994), basado en una recopilación bibliográfica, enlista 34 especies de mamíferos silvestres, incluyendo a las especies exóticas: *R. rattus* y *M. musculus*. En otro capítulo (Negrete y Soberón 1994), basado también en una revisión bibliográfica además de una evaluación de poblaciones de mamíferos silvestres, enlistan 37 especies para la Reserva incluyendo tres roedores exóticos (*R. norvegicus*, *R. rattus* y *M. musculus*). Sin embargo aunque en su evaluación solo registran la presencia de 16 especies, consideran que seis más viven en ese momento en la zona y al resto como extirpadas del área. En un tercer capítulo se realiza un estudio de los mamíferos pequeños (Chávez y Ceballos, 1994) y se menciona la presencia de 24 especies de las 33 reportadas en la bibliografía citando a Villa (1953) y Ceballos y Galindo (1984).

Por lo tanto, siguiendo la nomenclatura actualizada de Ramírez-Pulido *et al.* (2005) y Hafner *et al.* (2007), el total acumulado de especies (no incluyendo a los roedores exóticos) reportado para la REPSA fue de 39 antes del presente estudio (Tabla 1).

Por otro lado nuestro análisis concluyó que los mamíferos silvestres de la REPSA son 33 y solamente 24 especies coinciden con los listados previos (Tabla1). Las diferencias están en dos taxa que se registran por primera vez para la REPSA: la ardilla gris, *S. aureogaster nigrescens* y el ratón del Altiplano *P. m. melanophrys*.

El primer registro documentado que se tiene de *S. aureogaster nigrescens* para la REPSA corresponde a un ejemplar colectado en 1999 y depositado en la CNMA con el número de catálogo 39693. Esta ardilla probablemente es una especie de reciente introducción ya que no se le había nombrado en publicaciones anteriores y actualmente se le encuentra de manera abundante en la Reserva y sus alrededores. El otro registro corresponde al ratón del Altiplano *P. m. melanophrys*, es un crá-

neo de un ejemplar macho, depositado en la CNMA, con el número de catálogo 32015, colectado el 26 de junio del 1984 en el “Pedregal de San Ángel” [sic]. El registro más cercano publicado para esta especie corresponde a Contreras, Distrito Federal (Baker, 1952), zona relativamente cercana a la REPSA.

Además, se incorporan a este listado, el murciélago colorado, *Lasiurus blossevillii teliotis*, (Sánchez *et al.*, 1989) y el cuinique, *Spermophilus adocetus adocetus* (Villa *et al.*, 1991; Tablas 1 y 2). Estas especies están representadas por un solo ejemplar en la CNMA. Esta última especie es endémica de México y estaba solamente descrita en los estados de Jalisco, Morelos, México y Guerrero, pero dos registros fueron descritos en la parte sur del Altiplano Mexicano, en el Cerro de la Cima, Tlalpan y Ciudad Universitaria (cerca de Instituto de Biología), y tres registros más en los estados de Hidalgo y Tlaxcala (Hall, 1981). Sin embargo otros autores (Valdéz y Ceballos, 2005), mencionan que podrían ser mascotas liberadas porque no hay evidencias de poblaciones silvestres.

Además, nuestros resultados no reconocen la presencia de ocho especies registradas en publicaciones previas y, por lo tanto, no fueron incluidas en el inventario del presente estudio. Se eliminaron los registros (sinónimo y referencia en paréntesis) para los cuales no se encontró ningún ejemplar de referencia en las colecciones consultadas que permitiera corroborar su presencia dentro de la REPSA. Estos registros anecdóticos se refieren a *Sorex ventralis* (*Sorex oreopolus ventralis*, Ceballos y Galindo, 1984; Villa y Cervantes, 2003), *Eumops underwoodi* (Álvarez *et al.*, 1982,; Ceballos y Galindo, 1984; Pedregal de San Francisco [sic]), *Microtus mexicanus mexicanus* y *Spermophilus mexicanus mexicanus* (Álvarez *et al.*, 1982; en Ceballos y Galindo, 1984; Negrete, 1991; Negrete y Soberón 1994) y *Peromyscus melanotis* (Ceballos y Galindo, 1984; Negrete, 1991; Negrete y Soberón, 1994). En la publicación original no se proporciona el número de catálogo solo la colección donde están depositados, sin embargo, ninguno de estos ejemplares fue localizado. Por otro lado al revisar la literatura se vio que los roedores han sido registrados en otras asociaciones vegetales y en lo que se refiere al murciélago *E. underwoodi*, se encontró que el registro más cercano a la Ciudad de México se encuentra en Palo Bolero, Morelos (Sánchez, 1989). Esto fundamenta la importancia que tiene el que los registros se encuentren



FIG 3. La comadreja (*Mustela frenata frenata*; foto: www.nhptv/natureworks/nw4.htm) es una de las especies a las cuales se les ha considerado extirpadas de la REPSA. Monitoreos recientes por la recuperación de ejemplares muertos y registros indirectos (excretas) permiten la verificación de especies presentes en la REPSA, b) Cacomixtle, *Bassariscus astutus*, c) Zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus nigrirostris*, Foto: Guillermo Gil) d) excretas del Conejo castellano, *Sylvilagus floridanus* (foto: 3b y 3d Raúl Martínez).

apropiadamente documentados y bajo el resguardo de una colección científica para su consulta y verificación en cualquier momento.

Por otro lado, tampoco se encontró registro para la REPSA o alrededores, de los murciélagos, *Pteronotus parnellii mexicanus* (Álvarez, et al.,1994), *Leptonycteris nivalis* (Álvarez, et al.,1994; Negrete 1991; Negrete y Soberón, 1994) y *Myotis occultus* (*Myotis lucifugus occultus* en Álvarez, et al.,1994), aunque su distribución contempla el Distrito Federal.

Otra información de relevancia surgida de este trabajo fue conocer los registros por especie y la fecha de colecta. Por lo tanto se documentó a las especies con registro antiguo y único como, *Idionycteris phyllotis* de 1962, *Eptesicus fuscus miradorensis* de 1968, *Myotis v. velifer* de 1975, *Mustela f. frenata* de 1966, *Cratogeomys m. merriami* de 1970, *Spermophilus a. adocetus* de 1974, *Peromyscus m. melanophrys* de 1984 o especies con

solo dos registros: *Corynorhynchus mexicanus* y *Sigmodon hispidus* de 1962 y 1972, respectivamente. Por otro lado aunque los roedores *Baiomys taylori analogus* y *Liomys irroratus alleni* están bien documentados (69 y 31 ejemplares), sus últimos registros son de 1963 y 1964, respectivamente.

Asimismo, el último registro para la zorra gris, *U. cinereoargenteus nigrirostris* (Fig. 3c) correspondía a 1981. Sin embargo, en fechas recientes se documentó su presencia por medio de registros visuales y excretas, radiotelemetría (García, 2007) y registro fotográfico (Foto 6d, fotos en CNMA) de un ejemplar que fue encontrado muerto frente a Universum y depositado en el MZFC (número de proyecto MRPS002).

El último registro para el conejo castellano, *S. floridanus orizabae* corresponde también a 1981, aunque los registros visuales y excremento encontrado durante los recorridos (Fig. 3d) indican la presencia actual de esta especie.

Aunque la presencia del cacomixtle, *Bassariscus astutus* (Foto 3b) estaba registrada en listados previos, no existían ejemplares depositados en colecciones científicas para esta zona, solamente había sido documentado por observación, huellas y excretas y en fechas recientes por estudios sobre área de actividad y uso de hábitat (Castellanos y List, 2005 y Castellanos 2006). Sin embargo, los primeros ejemplares documentados del cacomixtle (CNMA 42913, 43383, 44067 y 440689), en colecciones científicas, se obtuvieron durante la realización del presente estudio.

El último registro para el zorrillo *Spilogale putorius angustifrons* era de 1978 y para el ratón, *Reithrodontomys fulvescens toltecus* de 1990. Sin embargo ejemplares de estas especies fueron colectados recientemente. En un trabajo realizado en 1994 (Negrete y Soberón) esta última especie y otros tres roedores (*S. hispidus berlandieri*, *L. irroratus alleni* y la tuza *C. m. merriami*) fueron consideradas como ausentes de la REPSA.

Por lo tanto, el número de especies con registros antiguos, disminuyó por las colectas obtenidas en el presente trabajo, principalmente por la recuperación de individuos muertos (tlacuaches, cacomixtles, zorritos, musarañas, zorras, etc). Estos resultados muestran la importancia que tiene el realizar monitoreos periódicos para conocer el estado que guarda la fauna silvestre.

De los 628 registros obtenidos en el presente estudio, 340 (50%) pertenecen a zonas cercanas a la Reserva, donde las colectas más antiguas corresponden a 1943 y las más recientes a 1991. Actualmente estas áreas colindantes con la REPSA han sido ocupadas casi en su totalidad por asentamientos humanos, por lo tanto, muchas de estas especies probablemente sólo se encuentren al interior de la misma (Fig. 1; Apéndice 1).

Del total de los mamíferos terrestres registrados para el Distrito Federal (Ramírez-Pulido *et al.*, 1986) la REPSA tiene el 75% de los órdenes, el 88% de las familias, el 61% de los géneros y el 52% de las especies. Respecto a la Cuenca de México (López-Forment, 1989), el área de estudio cuenta con el 75% de los órdenes, el 83% de las familias, el 67% de los géneros y el 39% de las especies. Con respecto al país (Ramírez-Pulido *et al.*, 2005), tiene el 50% de los órdenes, el 44% de las familias, el 18% de

los géneros y el 7% de las especies. Sin duda, estas cifras muestran la gran riqueza de especies de mamíferos silvestres de la REPSA.

Si consideramos además la extensión de la zona (237 ha), estas cifras muestran la gran riqueza de especies de mamíferos silvestres de la REPSA. La diversidad que se presenta en esta zona, es similar a la registrada en otras regiones del Distrito Federal o cercanas a esta entidad, como Zempoala (34 especies, Ramírez-Pulido *et al.*, 1969), Zoquiapan (38 especies, Blanco *et al.*, 1981) Ajusco (35 especies, Aranda *et al.*, 1982).

La importancia que tiene esta Reserva además de sus características físicas y ecológicas particulares, radica en la presencia en ella de especies de mamíferos endémicos de México y de especies incluidas en alguna categoría de riesgo de la NOM-059 como, *Leptonycteris curasoae yerbabuena*, *Choeronycteris mexicana* y *Myotis velifer velifer* (Tabla 2). Además destaca esta zona como uno de los últimos reductos de material genético de especies cuya localidad tipo se encuentra en la Cuenca de México.

En este trabajo se pone de manifiesto la importancia de las colecciones biológicas y las revisiones exhaustivas de la literatura, se aporta información documentada y actualizada de las diferentes especies de mamíferos que se encuentran en la REPSA. También se agregan nuevos registros, se confirma la presencia de diversas especies y se desconocen registros publicados de los que se carece de evidencias para verificar su existencia pasada o presente, así como el monitoreo periódico de las poblaciones silvestres de mamíferos para documentar su presencia en áreas protegidas.

El componente mastofaunístico de la REPSA es importante para el mantenimiento de su biodiversidad, por lo que debe continuar su protección y estudio, particularmente por tratarse de los últimos reductos del ecosistema natural al interior de la Ciudad de México, considerando además que en esta área se resguarda el germoplasma de animales topotípicos.

Agradecimientos

Imelda Marín y Helxine Fuentes y J. Raúl. Martínez auxiliaron en el trabajo de campo y gabinete, mientras que Armando Peralta proporcionó la imagen digitalizada de la REPSA y Gibran Hoffmann auxilió en la edición digitalizada del mismo. Las colectas se realizaron al amparo del permiso de colecta FAUT002 expedido por la SEMARNAT. Javier Caballero y Antonio Lot dieron autorización para realizar trabajo de campo en el Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM, y al interior de la REPSA, respectivamente. Los curadores de las colecciones mastozoológicas consultadas amablemente proporcionaron información sobre los ejemplares de museo bajo su custodia, particularmente José Ramírez, Juan Carlos López, Livia León, Robert A. Timm y James Patton. La Unidad de Informática para la Biodiversidad, UNIBIO del Instituto de Biología, UNAM, financió este proyecto como parte del megaproyecto universitario del Sistema de Informática para la Biodiversidad y el Ambiente, SIBA, el Programa Investigación Multidisciplinaria de Proyectos Universitarios de Liderazgo Académico, IMPULSA.

Literatura citada

- ÁLVAREZ, F. J., J. CARABIAS, J. MEAVE DEL CASTILLO, P. MORENO-CASASOLA, D. NAVA- FERNÁNDEZ, F. RODRÍGUEZ-ZAHAR, C. TOVAR-GONZÁLEZ Y A. VALIENTE-BANUET. 1982. Proyecto para la creación de una reserva en el Pedregal de San Ángel. Pp. 343-353, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel". Ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México (1994), México.
- ÁLVAREZ, T., S. ÁLVAREZ-CASTAÑEDA Y M. GONZÁLEZ-ESCAMILLA. 1997. Localidades típicas de mamíferos terrestres en México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. y Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, La Paz, Baja California Sur, México.
- ARANDA, M. C., MARTÍNEZ DEL RÍO M., L. C. COLMENERO R. Y M. MAGALLÓN S. 1982. Los Mamíferos de la Sierra del Ajusco. Comisión Coordinadora para el Desarrollo Agropecuario del Departamento del Distrito Federal, México.
- BAKER, R. H. 1952. Geographic range of *Peromyscus melanophrys*, with description of a new subspecies. *Univ. Kansas Publ., Mus. Nat. Hist.*, **5**:251-258.
- CASTELLANOS, M. G. 2006. Sobre el ámbito hogareño y los hábitos alimentarios de un carnívoro en un ambiente suburbano. El cacomixtle (*Bassariscus astutus*) en la Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel", Ciudad Universitaria, México, D. F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CEBALLOS, G. Y C. GALINDO. 1984. Mamíferos silvestres de la Cuenca de México. Limusa, MAB, México.
- CHÁVEZ, J. C. Y G. CEBALLOS. 1992. Los mamíferos silvestres del Pedregal. *Oikos*. **13**:4.
- CHÁVEZ, J. C. 1993a. Dinámica poblacional y uso de hábitat por roedores en un matorral de palo loco (*Senecio praecox*). Tesis profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- CHÁVEZ, J. C. 1993b. Los roedores silvestres de El Pedregal. *Oikos*. **21**:4
- CHÁVEZ, J. C. Y G. CEBALLOS. 1994. Historia natural comparada de los pequeños mamíferos de la Reserva El Pedregal. Pp. 229-238, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel". Ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- UNIBIO, UNIDAD DE INFORMÁTICA PARA LA BIODIVERSIDAD. 2006 Portal de Biodiversidad (<http://unibio.ibiologia.unam.mx>). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- DE LA FUENTE, J. R. 2005. Acuerdo por el que se rezonifica, delimita e incrementa la zona de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. *Gaceta UNAM*, **3813**:19-21.
- GARCÍA, P. M. 2007. Sobre el ámbito hogareño y los hábitos alimentarios de un carnívoro en un ambiente suburbano. La zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en la reserva ecológica "El Pedregal de San Ángel". Ciudad Universitaria. México, D. F. Tesis profesional.

- Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- HAFNER, S. M., W. L. GANNON, J. SALAZAR-BRAVO Y S. T. ÁLVAREZ-CASTAÑEDA. 1997. Mammal collections in the Western hemisphere. American Society of Mammalogists. Allen Press, Lawrence, Kansas.
- HAFNER, J. C., J. E. LIGHT, D. J. HAFNER, M. S. HAFNER, E. REDDINGTON, D. S. ROGERS AND B. R. RIDDLE. 2007. Basal Clades and Molecular Systematics of Heteromyid Rodents. *Journal of Mammalogy*, **88** (5): 1129-1145.
- HALL, E. R. 1981. The mammals of North America. John Wiley and Sons, United States of America.
- HALL, E. R. Y K. R. KELSON. 1959. The mammals of North America. The Ronald Press, Nueva York.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). 2000. Principales Resultados por Localidad, XII Censo de Población y Vivienda 2000. INEGI, México
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). 1992. Carta topográfica Milpa Alta, E14A49, 1:50 000. Dirección General de Geografía, INEGI, México.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. 2001. Carta topográfica Ciudad de México, E14A39, 1:50 000. Dirección General de Geografía, INEGI, México.
- LÓPEZ-FORMENT, C.W. 1989. La situación actual de los mamíferos en el Valle de México. Pp. 167-170, en: Gio-Argaéz, R., R. I. Hernández y E. Sáinz-Hernández (eds.). Ecología urbana. Sociedad Mexicana de Historia Natural, México.
- MEDELLÍN, R. A., H. T. ARITA Y O. H. SÁNCHEZ. 1997. Identificación de los Murciélagos de México. Clave de Campo. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., Publicaciones especiales Número 2. México.
- NEGRETE, Y. A. 1991. Los mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica "El Pedregal". Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- NEGRETE, Y.A. Y J. SOBERÓN. 1994. Los mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica El Pedregal de San Ángel. Pp. 219-228, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel". Ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- PERALTA-HIGUERA A., J. PRADO-MOLINA, E. CABRALCANO Y O. DÍAZ-MOLINA. 2005. Mapa de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel en Ciudad Universitaria. Escala 1: 2500. Instituto de Geografía e Instituto de Geofísica, UNAM. *Gaceta UNAM*. **3813**:14 -15
- PORTAL DARWIN CORE V. 3.0. <http://darwincore.calacademy.org/>
- PRADO, M. J., Y A. PERALTA H. 2005. Anexo Técnico perteneciente al Acuerdo mediante el cual se re-zonifica, delimita e incrementa la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel en Ciudad Universitaria" *Gaceta UNAM*, Comité Técnico de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel en Ciudad Universitaria. 2 junio, 19 p.
- RAMÍREZ-PULIDO, J. 1971. Contribución al estudio de los mamíferos del Parque Nacional "Lagunas de Zempoala", Morelos, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ser. Zool.*, **40**:253-290.
- RAMÍREZ-PULIDO, J., M. C. BRITTO, A. PERDOMO Y A. CASTRO. 1986. Guía de los mamíferos de México. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, México.
- RAMÍREZ-PULIDO, J., J. ARROYO-CABRALES Y A. CASTRO-CAMPILLO. 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana*, **21**:21-82.
- ROJO, A. (comp.). 1994. Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel". Ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- SÁNCHEZ H., G. LÓPEZ-ORTEGA Y R. LÓPEZ-WILCHIS. 1989. Murciélagos de la Ciudad de México y sus alrededores. Pp. 141-165, en: Gio-Argaéz, R., R. I. Hernández y E. Sáinz-Hernández (eds.). Ecología urbana. Sociedad Mexicana de Historia Natural, México.
- SCT, SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. 1987. Carta topográfica del Distrito Federal, escala 1:100 000, México.
- SEMARNAT, SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. 2002. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones por su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario oficial de la Federación. 2. ed.
- VILLA, R. 1952. Mamíferos silvestres del Valle de México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*, **23**: 269-492.

- VILLA, R. 1966. Los murciélagos de México. Su importancia en la economía y la salubridad. Su clasificación sistemática. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- VILLA, R. Y F. A. CERVANTES. 2003. Los mamíferos de México. Grupo Editorial Iberoamérica, S. A. de C. V. e Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- VILLA, R. Y V. SÁNCHEZ. 1991. La ardilla terrestre o cuiniqui *Spermophilus adocetus* Merriam, 1905 (*Rodentia: Sciuridae*) en la región central de México y su status taxonómico. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología.*, **62**: 511-519.
- WIECZOREK, J. 2001. MaNIS/HerpNet/ORNIS. Georeferencing Guidelines (<http://manis.net.org/>), University of California, Berkeley, C. A.

HISTORIA NATURAL Y ECOLOGÍA DE POBLACIONES



Tarántula

Aphonopelma anitahoffmannae

La diversidad funcional del ecosistema

Alma Orozco Segovia, Alicia Gamboa de Buen y Víctor L. Barradas Miranda

Departamento de Ecología Funcional, Instituto de Ecología,

Universidad Nacional Autónoma de México

aorozco@ecologia.unam.mx

Introducción

La diversidad biológica de un área o comunidad lleva implícita la diversidad morfológica y funcional de sus integrantes (Petchey y Gaston 2006), la cual puede rebasar por varios órdenes de magnitud a la diversidad de especies. Esto implica que los procesos de degradación de los ecosistemas tienen un costo real mayor al considerado a través de los parámetros que en la actualidad se incluyen en los índices de diversidad. Cuando hablamos de plantas o animales con facilidad podemos imaginarnos la diversidad morfológica. En plantas, el ejemplo más claro lo representan las diferencias morfológicas y funcionales entre las hojas de sol y de sombra de un mismo individuo. En particular, en el Pedregal de San Ángel, ésta se expresa en la talla y forma biológica de especies como *Buddleia cordata* y *Wigandia urens* cuya forma biológica puede ser arbórea o arbustiva dependiendo del sustrato en el que estas plantas se establecen (Fig. 1); así como en el grado de pubescencia de las hojas de *W. urens*, la cual está relacionada con la edad de la planta y la heterogeneidad ambiental (Cano-Santana y Oyama 1994), en especial con la disponibilidad de agua (Cano-Santana y Oyama 1992a; Pérez-Estrada 1992). Esta variabilidad incide también en la calidad del alimento disponible para los herbívoros (Cano-Santana y Oyama 1992b). La diversidad funcional es menos obvia a pesar de que puede medirse a distintas escalas, lo que incluye los cambios fenológicos a nivel ecosistémico que son observables en el Pedregal de San Ángel durante la época lluviosa del año y la seca (Meave *et al.*, 1994,



Fig. 1. Formas Biológicas de *Wigandia urens*.

Figuroa-Castro *et al.*, 1998). Dada la estrecha relación que existe entre forma y función recientemente se ha propuesto que tanto las características morfológicas, como las funcionales, deben estar incluidas en el término “diversidad funcional” (Violle *et al.*, 2007).

Desde el siglo XIX para Darwin la diversidad funcional fue tema de interés (Darwin 1967). Los ecólogos retomaron este tema en los años 70s (Grime 1974) y en especial en las últimas dos décadas del siglo XX y durante el presente siglo. Es un concepto que ha sido redefinido con base en estudios realizados principalmente en animales para referirse a cambios funcionales que ocurren a nivel población, individuo, órgano, tejido y célula incluso en lapsos de tiempo muy pequeños (Spicer y Galston 1999). La expresión de la diversidad funcional

a distintas escalas es el resultado de la interacción entre los organismos y su ambiente, el cual está estructurado como una compleja red de interacciones entre sus distintos componentes, tanto bióticos como abióticos. Dentro de las comunidades vegetales, las especies que integran cada grupo funcional interactúan entre sí y también se ensamblan con los componentes de otros grupos funcionales por lo que la identidad funcional de los componentes es relevante, así como la reiteración de éstos (Petchey y Gaston 2002). En este contexto la diversidad funcional y otras características propias del individuo determinan el papel funcional de la especie y de los individuos dentro del ecosistema.

Hábitat y diversidad funcional

El Pedregal de San Ángel constituye un hábitat singular en el que es posible observar un fenómeno poco común en el planeta: la sucesión primaria. El sustrato de origen volcánico tiene una serie de peculiaridades, entre ellas la discontinuidad y la heterogeneidad del microrelieve, con la consecuente distribución heterogénea del suelo, la humedad y la temperatura. Esto se refleja en la distribución heterogénea de la vegetación (Rzedowski, 1994). Las características de la roca volcánica (consistencia y color) y la altitud (≥ 2240 m snm) a la que se encuentra la Reserva del Pedregal favorecen amplias fluctuaciones diurnas de temperatura (Fig. 2). A pesar de que la temperatura promedio anual es de 15.5°C (Barradas *et al.*, 1999), dentro del valle de México el Pedregal de San Ángel es una isla de calor en la que crece un gran número de especies de filiación tropical (70% de los géneros) y un menor número de especies de origen templado (17%) y cosmopolita (12%, Herrera y Almeida 1994). Este ambiente también se caracteriza por una marcada distribución estacional de la precipitación (Fig. 3) y por presentar aridez edáfica, lo que explica la presencia en la Reserva del Pedregal de grupos funcionales propios de zonas áridas. Estos factores juegan un papel importante en el crecimiento y desarrollo de las diferentes especies de plantas que ahí habitan. Entre otras cosas la estacionalidad determina el carácter caducifolio de las plantas (Alvim y Alvim 1978, Medina 1983) y otros mecanismos fisiológicos que permiten a las plantas desenvolverse en este ambiente.

La precipitación anual en el Pedregal de San Ángel es en promedio 803 mm anuales (Barradas *et al.*, 1999), la cual duplica o triplica la precipitación en zonas áridas. Sin embargo, el sustrato, lo somero de los suelos y la altitud, con la consecuente amplia fluctuación de temperatura; favorecen que haya una gran percolación, poca retención del agua y una alta tasa de evaporación. La consecuente aridez edáfica ha determinado el desarrollo de un matorral xerófilo en lugar de un bosque de encino como correspondería para el Valle de México (Rzedowski 1994). La heterogeneidad temporal y espacial del Pedregal de San Ángel ha favorecido la existencia de una gran diversidad de microambientes ante la cual debe responder la diversidad morfo-funcional de las plantas, animales y otros organismos que lo habitan.

En el presente trabajo trataremos algunos aspectos de las bases moleculares de la diversidad funcional, la diversidad funcional a nivel organismo y ecosistémico. El estudio del Pedregal de San Ángel, desde el punto de vista funcional se ha abordado en forma muy limitada, básicamente se han tratado aspectos relacionados con el intercambio planta atmósfera, algunos aspectos reproductivos, la relación planta herbívoros y la germinación de varias especies. Aunque éste no ha sido el enfoque de otros trabajos realizados en esta zona, se pueden inferir respuestas funcionales de ellos.

Las poblaciones y sus individuos

Si bien la identificación de grupos funcionales dentro de un ecosistema conduce a la comprensión de su funcionalidad como una unidad y debe ser la base para instrumentar su restauración, la cual en el Pedregal de San Ángel solo ha sido abordada muy recientemente (Antonio-Garcés 2008), ésta es una aproximación muy gruesa al conocimiento y la evaluación de la diversidad funcional contenida en el matorral xerófilo del Pedregal. Dos procesos a través de los cuales podemos profundizar en ésta son: la germinación en la que se pueden identificar variaciones específicas, individuales; anuales e interanuales y el intercambio de gases planta atmósfera, en el que incluso se pueden identificar variaciones diurnas entre los individuos de una población.

Para entender la diversidad funcional que se expresa a través de la germinación tenemos que concebir a las se-

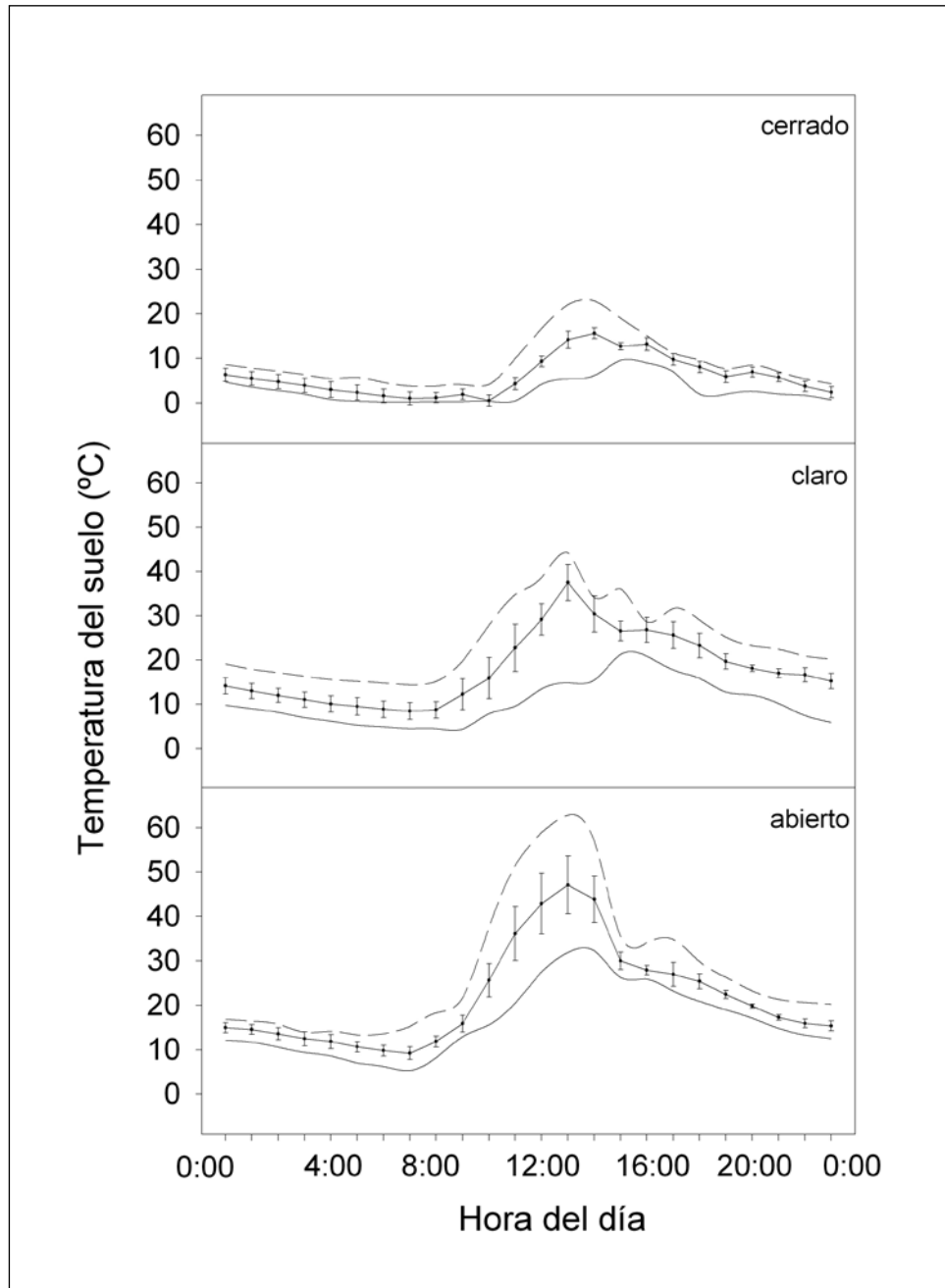


Fig. 2. Fluctuación de temperatura diurna en la Reserva del Pedregal de San Ángel.

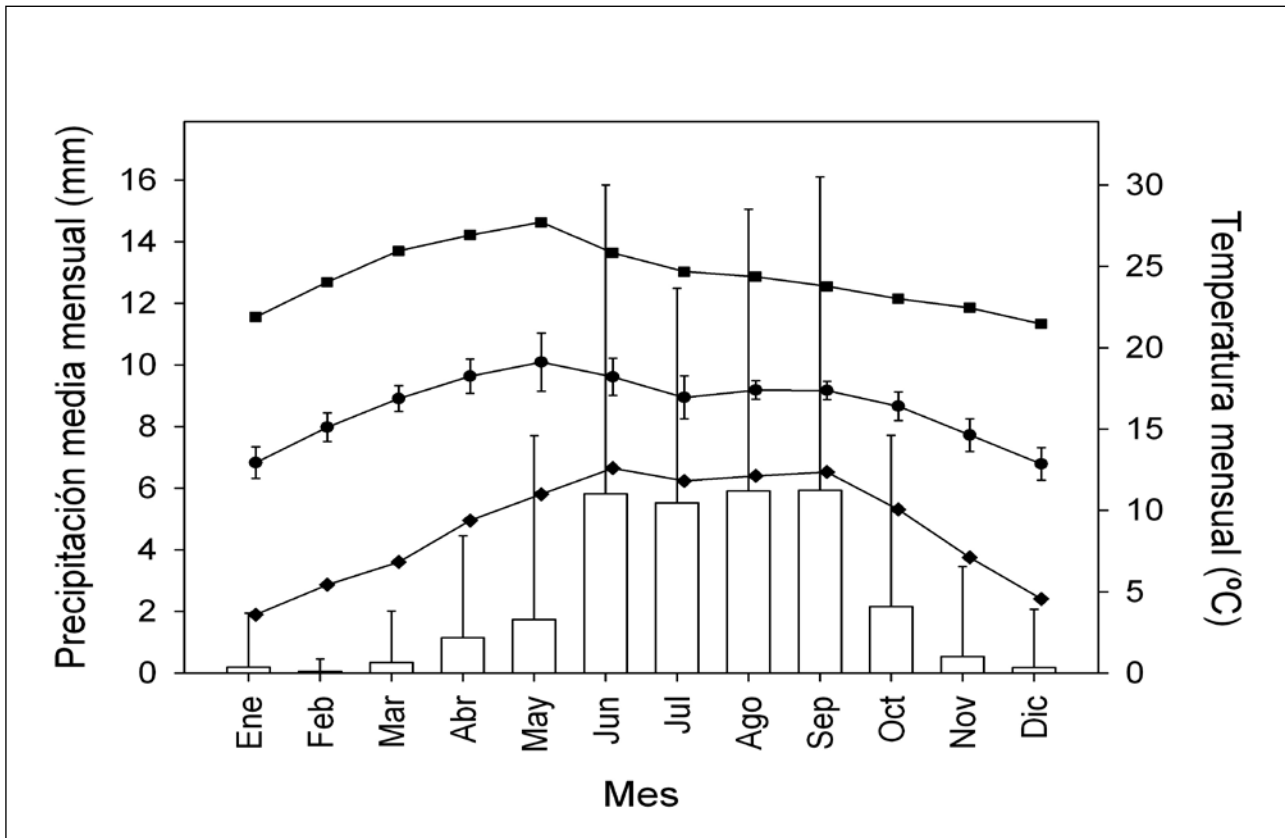


Fig. 3. Valores promedio de la distribución anual de la temperatura y la precipitación de 1995 a 2003. (●) temperatura promedio, (■) temperatura máxima, (◆) temperatura mínima.

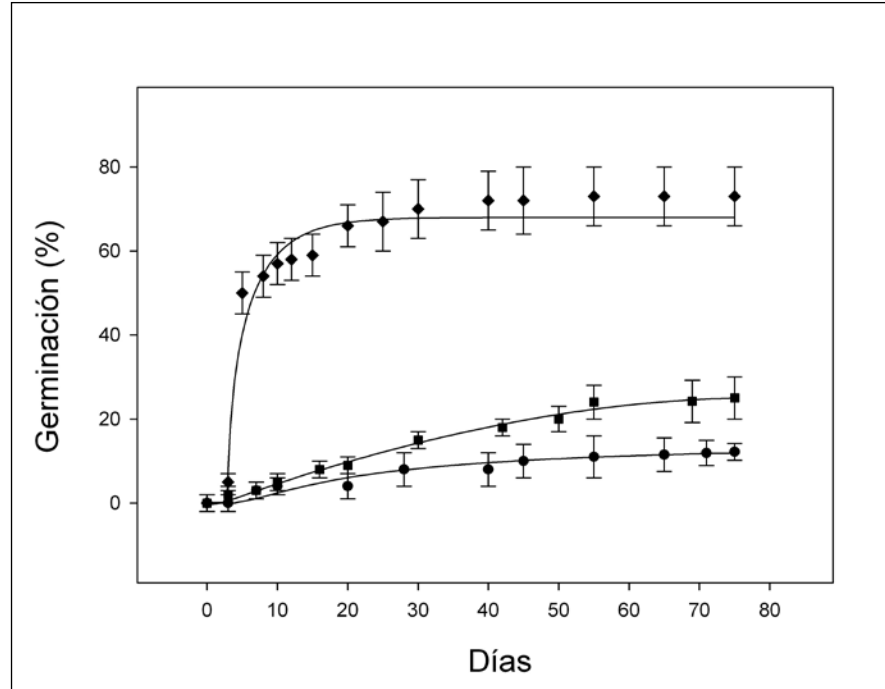
millas como individuos que tienen una historia que se inicia con la fecundación del óvulo, se continúa con la dispersión y la permanencia en el suelo y concluye con la germinación (Chambers y MacMahon 1994). Tampoco podemos dejar al margen el efecto de la comunicación materna con la semilla a través del desarrollo y por lo tanto el efecto de las circunstancias en que crece la planta madre en éste.

Por otra parte, para abordar la diversidad funcional a través de la germinación es necesario definir que ésta es una respuesta todo o nada, es decir una semilla germina o no, como señala Vleeshouwers *et al.*, (1995); sin embargo, es un proceso que se estudia en muestras de las semillas producidas por una población en las que hay una distribución normal de la sensibilidad a determinado factor (luz, temperatura, humedad), en la profundidad de su reposo (quiescencia o latencia) o en las características de las cubiertas seminales que pueden o no

imponer una restricción a la germinación del embrión (el cual puede ser poco vigoroso—latencia fisiológica) o impedir la entrada de agua al interior de la semilla.

Dentro de una población, cohorte o muestra de semillas de *Senna multiglandulosa* se pueden identificar de manera muy clara, subpoblaciones funcionalmente diferentes. Las especies de éste genero presentan una cubierta dura e impermeable, por lo que solo germinan después de ser expuestas a escarificación ácida, a tratamientos con altas temperaturas en un horno, inmersión en agua hirviendo o haciéndoles una incisión en la cubierta seminal (Baskin *et al.*, 1998). En particular *S. multiglandulosa* también presenta latencia fisiológica, por lo que a pesar de que su germinación se incrementa en relación directa con el tiempo de inmersión (1 a 10 minutos, Plata-Álvarez 2002) en ácido sulfúrico concentrado (al 98%), solo presenta altos porcentajes de germinación cuando a las semillas escarificadas se le adiciona ácido

Fig. 4. Germinación de semillas de *Senna multiglandulosa*. (●) semillas control, (■) semillas escarificadas con ácido sulfúrico concentrado durante 8 minutos, (◆) semillas escarificadas 8 minutos y germinadas con 300 ppm de AG_3 adicionado al medio de germinación. Las barras indican 2 veces el error estándar. Datos tomados de Plata-Álvarez (2002).



giberélico (AG_3) en el sustrato de germinación. Las semillas que germinan en cada tratamiento de escarificación presentan diferentes grados de impermeabilidad y dureza de la cubierta seminal, la escarificación elimina su latencia física (impuesta por la cubierta impermeable) y el debilitamiento de la cubierta seminal permite la protrusión de las radículas de embriones con inmadurez fisiológica superficial. Después del tratamiento simultáneo de AG_3 y escarificación se puede identificar a la fracción de la población que tiene cubierta impermeable y latencia fisiológica profunda, por lo que requiere de ambos tratamientos. El bajo porcentaje de semillas que germinan en el control representa a la subpoblación que carece de cubierta impermeable y de latencia fisiológica (Fig. 4). Podemos seguir desglosando las diferencias entre los individuos que componen la muestra, es decir, las semillas que germinan en el día 2, 3,...40, las cuales presentan diferencias entre sí en la profundidad de los dos tipos de latencia. Esta detallada descripción resultaría ociosa si éstas pequeñas diferencias no fueran el resultado de la interacción entre la planta madre y su ambiente (efecto materno) y no tuvieran consecuencias en el establecimiento de la plántula y en la formación y dinámica del banco de semillas del suelo.

El ambiente materno y la diversidad funcional

La variabilidad funcional en las especies es producto de factores múltiples, en la que los efectos maternos también son diversos: la condición ambiental de la planta madre durante el desarrollo, la secuencia en que se desarrollan las flores o la inflorescencia, la posición de la flor dentro de la inflorescencia y la posición de la semilla dentro del fruto (Wulff 1995). Ya que de todos estos factores depende el aporte que hace la planta madre de nutrimentos y hormonas a las semillas y las condiciones en las que, en la última etapa del desarrollo seminal, se lleva cabo el secado de éstas; y por ende el vigor del embrión, y las características de las cubiertas seminales (P. e. dureza) y de la latencia.

Para ejemplificar la forma en la que el ambiente afecta a la planta madre y ésta a su vez a las semillas analizaremos los casos de *Opuntia tomentosa* y *Dahlia coccinea*. La primera especie tiene una cubierta muy dura, pero permeable al agua (Orozco-Segovia *et al.*, 2007), la cual restringe la germinación de un embrión funcionalmente inmaduro. En *O. tomentosa* el grosor de la cubierta seminal y su

dureza tienen una relación con la temperatura. En años más cálidos y con menor precipitación hay una mayor inversión en la cubierta seminal (Fig. 5), y en consecuencia la cubierta es más dura, lo que se demuestra en el laboratorio. Las semillas de años más secos (1998) requieren de 1:30 h de inmersión en ácido sulfúrico y giberelinas para germinar, éstas ayudan a que el embrión funcionalmente inmaduro tenga el vigor para romper la cubierta seminal (Fig. 6) ; mientras que las semillas de años relativamente más frescos y lluviosos (2000) germinan después de 5 minutos de inmersión en éste. Después de 7 meses de almacenamiento las semillas aún requieren 1:30 h para germinar pero pierden el requerimiento de giberelinas (Olvera-Carrillo *et al.*, 2003). En *D. coccinea*, en años con temperaturas mínimas más bajas la profundidad de la latencia es mayor (Fig. 7), por lo que no pierden su viabilidad tan rápido como las de años con temperaturas mínimas más altas (Vivar-Evans *et al.*, 2006).

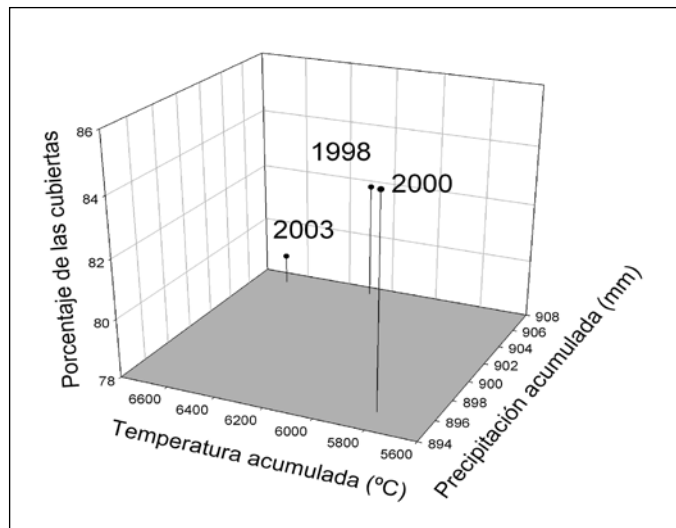
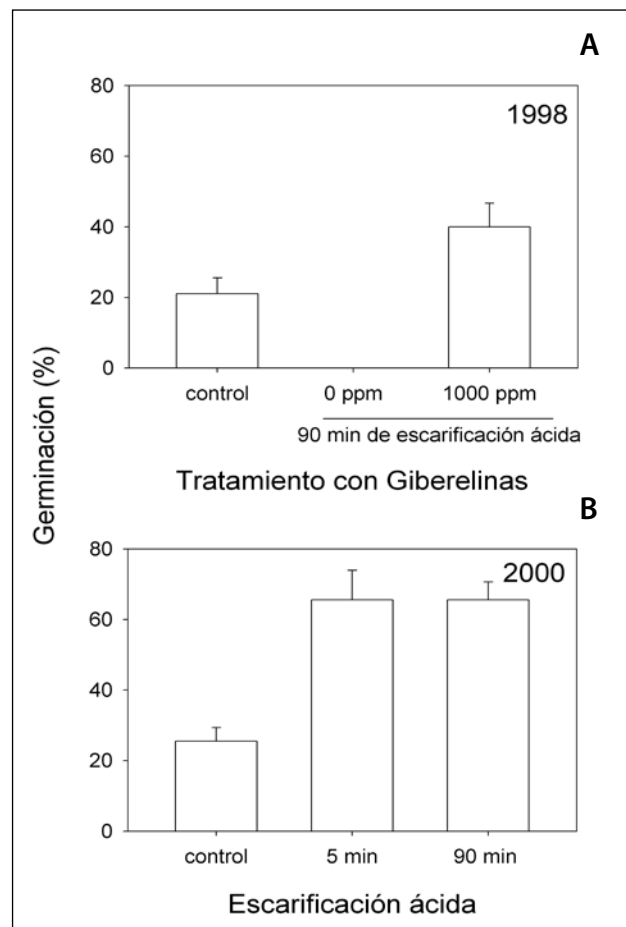


Fig. 5. Efecto de la temperatura acumulada y la precipitación en la testa de las semillas de *Opuntia tomentosa*, producidas en los años indicados. Se muestra la contribución de la cubierta seminal al peso de la semilla.

Hay casos en los que resulta difícil distinguir la línea divisoria entre los efectos maternos y cambios más profundos como los que resultan del proceso de diferenciación entre poblaciones separadas de la misma especie. Por ejemplo, en el caso de *Wigandia urens*, una especie con una gran variabilidad fenotípica (Rzedowski y Rzedowski 1985), las poblaciones distribuidas en 5 pisos altitudinales de su distribución tienen distinta capacidad germinativa (Fig. 8). Proporcionalmente su respuesta germinativa en diferentes temperaturas sigue una distribución diferenciada por la altitud, al igual que el tiempo térmico requerido para que cada población llegue a las subpoblaciones porcentuales de germinación (10, 20 30 ...%) (Reyes-Ortega 2001).

Fig. 6. Requerimientos germinativos de las semillas de *Opuntia tomentosa* en distintos años. A) Semillas escarificadas 90 minutos y con adición o no de giberelinas. Después de 7 meses de almacenamiento las semillas escarificadas pierden el requerimiento de giberelinas. B) Semillas producidas en el año 2000 con distintos tratamientos de escarificación. Datos tomados de Olvera-Carrillo *et al.* (2003)



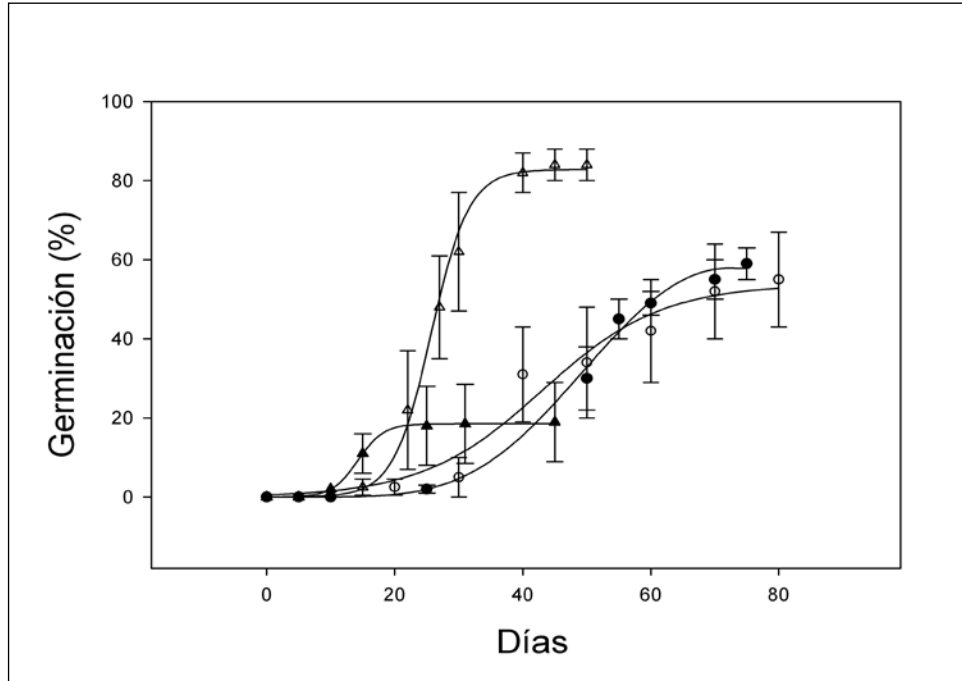


Fig. 7. Germinación de semillas de *Dahlia coccinea*. Semillas recolectadas en 1998 y germinadas (○) inmediatamente después de la recolecta y después de (△) 4 meses de almacenamiento. Semillas recolectadas en 2000 y germinadas (●) inmediatamente después de la recolecta y después de (▲) 4 meses de almacenamiento. Datos tomados de Vivar-Evans *et al.* (2006).

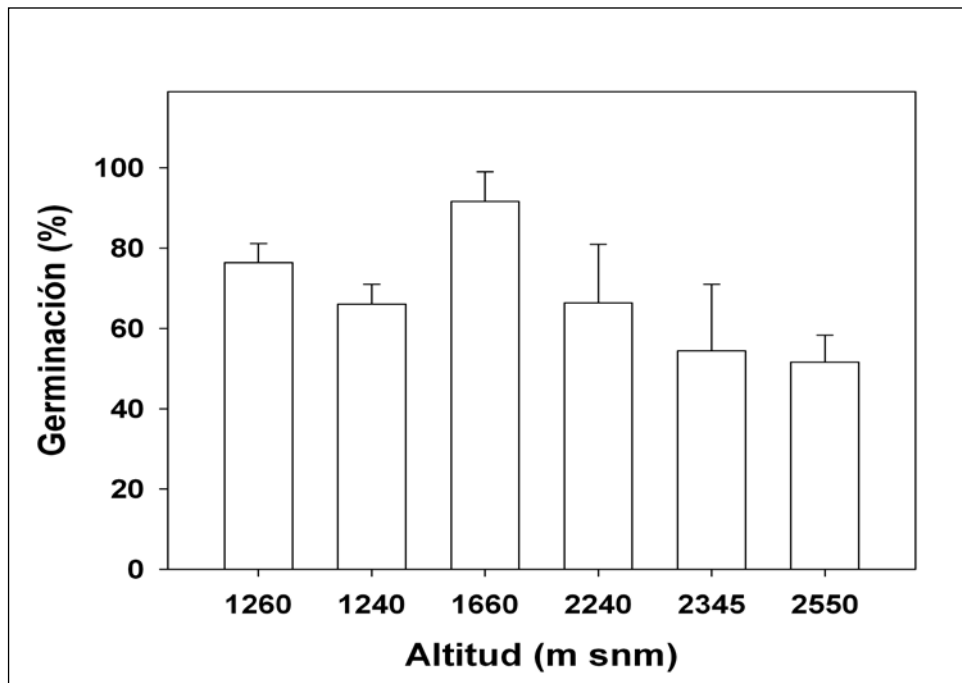


Fig. 8. Germinación en 25°C de 6 poblaciones de *W. urens* que crecen en diferentes altitudes. La altitud de 2240 m snm corresponde a la población recolectada en la Reserva del Pedregal de San Ángel. Datos tomados de Reyes-Ortega (2001) y de González-Zertuche (no publicados).

El papel de la diversidad funcional en la formación de un banco de semillas

Tanto las variaciones interanuales como las variaciones poblacionales e individuales permiten que el banco de semillas también sea heterogéneo funcionalmente, esto es válido tanto para las especies que tienen un banco de semillas básicamente transitorio como *D. coccinea* (Vivar-Evans *et al.*, 2006), como para aquellas que pueden formar un banco de semillas permanente como *O. tomentosa*. En donde la fracción de semillas quiescentes forma parte del capital activo del banco de semillas, es decir aquellas que germinan en la próxima época favorable, mientras que la fracción de semillas con latencia más profunda forma parte de los pasivos del banco, es decir aquella que en alguna otra estación favorable germinará. De la misma manera las semillas con un menor contenido de reservas o con menos defensas morfológicas o químicas constituyen pérdidas del capital de germoplasma contenido en el banco del cual una muestra tomada en cualquier sitio y momento representa una o más generaciones de individuos que pueden diferir morfo-funcionalmente, por lo que a partir de su composición no es posible estimar el tiempo que las semillas llevan en el banco, ni el tipo de banco (temporal o permanente) que forman. Así mismo a partir de experimentos de germinación, en muestras de suelo, no podemos estimar fehacientemente su composición, ya que la presencia de latencia en las semillas de algunas especies impide su germinación.

Para que la germinación tenga lugar en el campo tienen que coincidir en una ventana espacio-temporal la pérdida de la latencia y/o los factores ambientales que se requieren para la germinación. En el Pedregal hay una amplia variación interanual en la precipitación, cambios en el inicio y término de la época de lluvias y amplias variaciones en la humedad acumulada y retenida en los distintos micrositos, lo que se suma a las consecuentes variaciones de temperatura. Ante estas condiciones ambientales debe existir un banco de semillas que responda a un ambiente cambiante y heterogéneo. Por lo que la fracción de semillas capaz de responder ante un evento de lluvia o solo después de varias precipitaciones, difieren entre sí. Asimismo, en un mismo año, la fracción porcentual de una misma población de semillas de *S. multiglandulosa* que germina en una

hondonada es distinta de aquella que lo hace en un sitio expuesto del Pedregal (Fig. 9).

Por otra parte, en ambientes estacionales la germinación rápida y sincrónica permite que las plántulas puedan competir por recursos y crecer hasta alcanzar el estado reproductivo o la madurez funcional que les permita sobrevivir durante la época favorable del año (Thanos *et al.*, 1995). En el pedregal esto ha sido demostrado en *Datura stramonium* (Cabrales-Vargas, 1991). A partir de la germinación y la etapa de plántula hay un cambio en la forma en que las plantas se enfrentan a su ambiente y pasan de una etapa vulnerable a una etapa en que son capaces de enfrentar o evadir la sequía siguiendo las estrategias que se señalan posteriormente. En *Wigandia urens* (González-Zertuche *et al.*, 2001; Gamboa de Buen *et al.*, 2006) y *B. cordata* (González-Zertuche y Orozco-Segovia 2000; González-Zertuche *et al.*, 2002) se ha demostrado que el microambiente del suelo, en especial las variaciones de humedad que se presentan durante las lluvias esporádicas, que caracterizan al inicio de la época lluviosa, son capaces de inducir una germinación rápida y sincrónica y un mayor vigor (endurecimiento natural) en los individuos capaces de responder a las condiciones microambientales dadas por una ventana de oportunidad definida. Es decir, la futura planta adquiere la información necesaria de su ambiente, la cual induce cambios a nivel molecular, tales como cambios

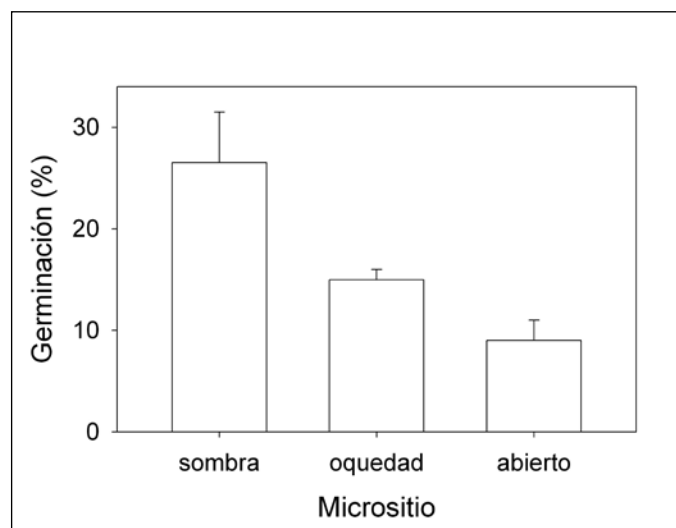


Fig. 9. Germinación de semillas de *Senna multiglandulosa* en 3 micrositos de la Reserva del Pedregal de San Ángel. Datos tomados de Plata-Álvarez (2002).

hormonales y la movilización de reservas necesarias para enfrentar como plántula o planta a su ambiente (Gamboa de Buen *et al.*, 2006) (Fig. 10). Sin embargo, a pesar de que hay aspectos funcionales de las semillas que se sincronizan, hay aspectos como los requerimientos para la germinación que no necesariamente lo hacen. De esta manera puede alcanzarse una alta, sincrónica y rápida germinación en una condición de humedad y temperatura idóneas y una baja, sincrónica y rápida germinación de una fracción de la población, cuando los requerimientos para la germinación no están cubiertos para el total de los individuos de ésta.

Bases moleculares en las respuestas funcionales

En general, los cambios fisiológicos observados durante la germinación y la latencia están sujetos a un control por las señales del medio ambiente tanto a nivel de la transcripción de los genes como de la traducción y este control es esencial para la aclimatización de las semillas y plántulas y para la optimización del tiempo de germinación, cuyo resultado es la producción de plántulas vigorosas. Algunos de los mRNAs corresponden a genes expresados en respuesta a las señales ambientales que recibió la planta madre y corresponden a lo que se denomina efecto materno. La proteínas sintetizadas *de novo* a partir de estos templados son las responsables de llevar a cabo la germinación mientras que los genes que se transcriben a lo largo de este proceso están involucrados en incrementar su sincronía y velocidad (Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006). De esta manera, el potencial de germinación en las diferentes especies de plantas esta programado durante la maduración de la semilla por medio de mecanismos que integran los diferentes estímulos del medio ambiente.

Durante la permanencia de las semillas en el suelo, éstas experimentan variaciones en su contenido de humedad debidas a las lluvias invernales (cabañuelas) y a las lluvias esporádicas que preceden al establecimiento de la época de lluvias. Durante este tiempo la hidratación de la semilla puede no ser suficiente para inducir la germinación o bien el tiempo en que el suelo permanece húmedo es insuficiente para que la germinación ocurra. Sin embargo, en estas condiciones se pueden iniciar los cambios moleculares que preceden a la germinación, desde la transducción de señales para iniciar la síntesis

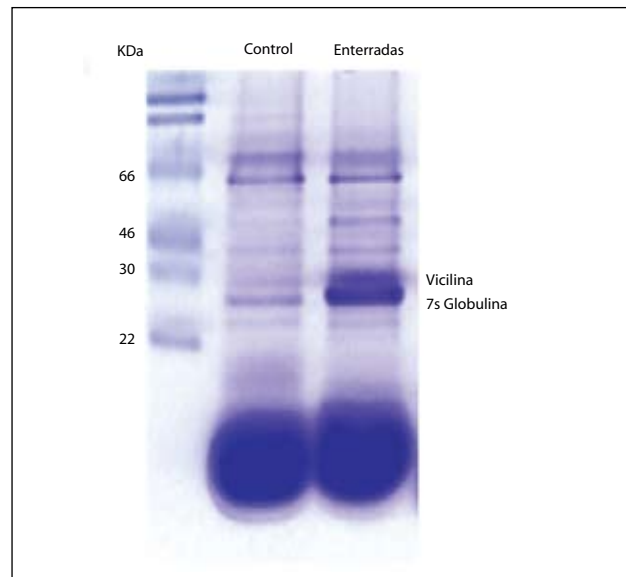


Fig. 10. Movilización de las proteínas de reservas de semillas de *Wigandia urens* sometidas a endurecimiento natural. Los extractos proteicos de las semillas control (C) presentan vicilina y 7S globulina, dos proteínas de reserva. Estas proteínas ya no están presentes en los extractos proteicos de las semillas expuestas a endurecimiento natural (E) indicando la movilización de proteínas de reserva.

de las proteínas a partir de los mRNAs almacenados, involucrados en la reparación y ensamblaje de componentes celulares (mitocondrias, membranas), y moléculas (ADN, ARNs); hasta la movilización de reservas (Fig. 11; Bewley y Black 1994; Bray 1995; Bradford 1995; González-Zertuche *et al.*, 2001; Gamboa de Buen *et al.*, 2006). Este progreso en la germinación lo conserva la semilla aún después de que ésta ha regresado a niveles de hidratación en los cuales la semilla no presenta actividad. Como consecuencia de éste avance metabólico, al llegar la época de lluvias la germinación es rápida y sincrónica y el embrión (aclimatizado gracias a la percepción de las señales de su ambiente), produce una plántula más vigorosa y más tolerante a los factores de estrés que las producidas por semillas que no han pasado hidrataciones y deshidrataciones en un laboratorio (priming, acondicionamiento, endurecimiento) o por la experiencia de permanecer en el suelo (priming natural, acondicionamiento natural, endurecimiento natural). A diferencia de lo que se ha reportado sobre el mayor éxito reproductivo de especies cuyas semillas han estado sujetas a endurecimiento antes de la siembra (clave del éxito de diversos cultivos), en *Tagetes micrantha* se reportan

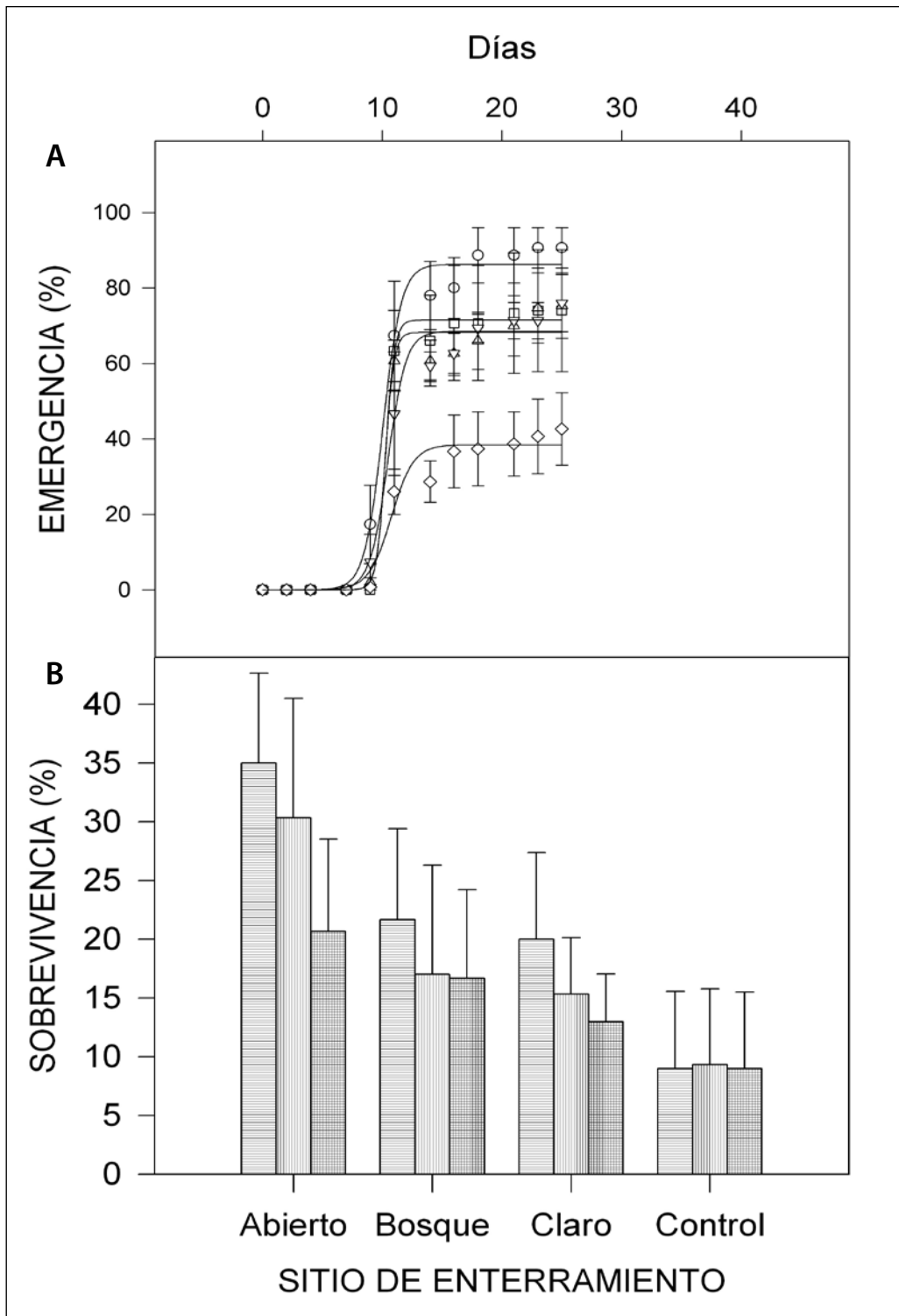


Fig. 11. A) Emergencia, en el Parque Ecológico de la Ciudad de México, de plántulas de *Wigandia urens*. Las cuales provienen de semillas que estuvieron enterradas 4 meses en el suelo de un sitio abierto (○), en un claro (□), en el bosque (Δ) y el control (◇). B). Sobrevivencia de las plántulas en el mismo sitio después de 30 días (▨), 60 días (▩), y 90 días (▧). La desviación estándar (barras) muestra la variabilidad entre sitios de emergencia.

complejas relaciones entre el tiempo de germinación la sobrevivencia y el éxito reproductivo de la especie, en las que una germinación temprana no necesariamente conduce al éxito reproductivo (Andraca-Gómez 2002). Sería interesante probar si los patrones encontrados se mantienen o si se modifican los resultados cuando las semillas, como parte de su historia de vida han pasado por la experiencia de permanecer en el suelo.

En muchas especies de plantas, la luz juega un papel muy importante en la germinación. En la planta modelo *Arabidopsis* se ha descrito que la luz incrementa los niveles de traducción promoviendo la síntesis de nuevas proteínas a partir de los mRNAs almacenados y, finalmente, la germinación. Por lo tanto el proceso de la traducción debe ser uno de los mecanismos blanco de los procesos de transducción de señales de las semillas de especies que presentan diferentes requerimientos para la germinación (Rajjou *et al.*, 2004). Por otro lado, se ha descrito que la síntesis del ácido giberélico (involucrado en el rompimiento de la latencia fisiológica) está regulada por el fitocromo (Debeaujon y Koornneef, 2000).

Los fitocromos constituyen una familia de receptores a la que se le atribuye una gran diversidad funcional (Sineshchekov 2004). Los fitocromos A y B están involucrados directamente con la germinación ya que perciben las condiciones de luz en la que se encuentran las semillas e inhiben o inducen la germinación de acuerdo con las condiciones de luz prevalecientes y los requerimientos de luz de cada especie. Estos fitocromos son capaces de percibir la calidad y cantidad de flujo fotónico y la duración del estímulo lumínico (Casal y Sánchez 1998). Cada uno regula respuestas funcionales distintas, sus receptores no son los mismos y pueden actuar en concierto con otros receptores de luz (p. e. criptocromos) y/o con la temperatura (Franklin y Whitelam 2004; Sineshchekov 2004). El fitocromo B participa en la mayoría de las respuestas germinativas reguladas por luz que están reportadas en la literatura y con base en él se han descrito las características generales de su funcionamiento (Smith y Whitelam 1990).

El fitocromo es una molécula que tiene dos formas isoméricas, una de ellas se conoce como forma activa (Prl) y la otra como inactiva (Pr), la luz rica en longitud de onda roja (660 nm, R), como la luz del día (R:RL >1), induce la transformación de Pr en Prl y con ello la germinación; mientras que la luz rica en rojo lejano (RL,

730 nm), como la luz que prevalece debajo de un dosel vegetal cerrado (R:RL <1) favorece su reversión a la forma Pr, lo que inhibe la germinación. En términos generales durante la maduración de la semilla se acumula el fitocromo B y el estado que presenta depende de las condiciones lumínicas durante el desarrollo seminal, si el fruto tiene estructuras clorofilicas o está rodeado por un dosel vegetal el fitocromo, al momento de la diseminación, se encuentra en forma inactiva, por lo que las semillas requieren de luz rica en R para germinar, lo contrario ocurre en ausencia de éstas. Las condiciones microambientales que rodean a cada fruto durante su desarrollo hace que la relación Pr:Prl promedio entre los individuos o los grupo de individuos difiera, de acuerdo con su posición en la inflorescencia, en la planta o al interior de la comunidad vegetal (Smith 1982, Sineshchekov 2004).

Dos términos asociados a la germinación regulada por la luz son "umbral de respuesta" y "saturación de la respuesta". El primero de ellos implica que no todo el fitocromo contenido en la semilla tiene que estar en forma activa para que ocurra la germinación y que cada especie o individuo tiene su propio umbral de respuesta. El segundo término implica que la cantidad y duración del estímulo lumínico requeridos para saturar una respuesta también difiere, esto se ha relacionado con la disponibilidad de receptores y con la cantidad de fitocromo presente (Sineshchekov 2004), De esta manera en el Pedregal de San Ángel tenemos especies que tienen un requerimiento estricto de luz rica en rojo para germinar, como *Opuntia tomentosa*, especies que requieren luz para germinar, sin importar que ésta tenga una relación R:RL < 1, como *Chenopodium album* y *Buddleia cordata*, o no requerir luz para germinar como *Wigandia urens* (Fig. 12). Otras especies como *Mammillaria magnimamma* han sido reportadas como fotoblásticas positivas, sin embargo, no se han definido sus requerimientos de calidad de luz para germinar (Ruedas-Medina 1999). Entre las especies y las semillas que integran una misma cohorte de cada especie también hay distintos umbrales de respuesta y distintos requerimientos para saturar la respuesta o para inducir la germinación (Fig. 13). Éstos requerimientos lumínicos para la germinación permiten percibir a las semillas, a través del fitocromo, su posición con respecto a la superficie, es decir si están enterradas, en una grieta profunda o bajo un dosel vegetal (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1990).

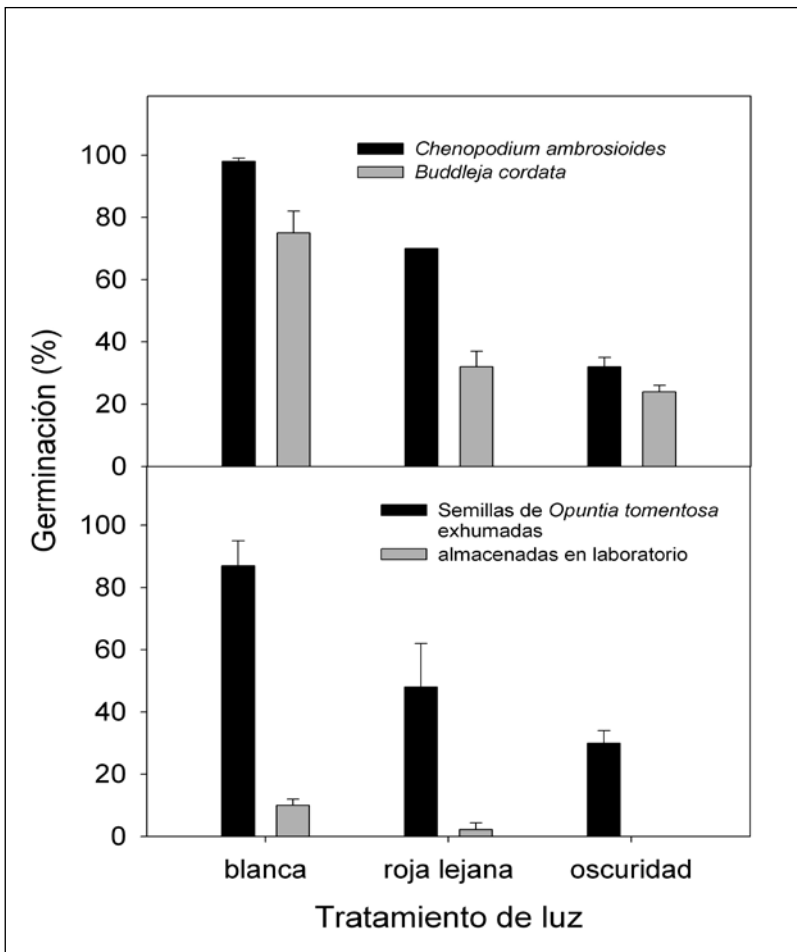


Fig. 12. Respuesta germinativa a la luz de semillas de tres especies de la Reserva del Pedregal de San Ángel. Las semillas exhumadas permanecieron enterradas por 7 meses en el suelo. Datos tomados de Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia (1990) y Olvera-Carrillo et al. (en prensa).

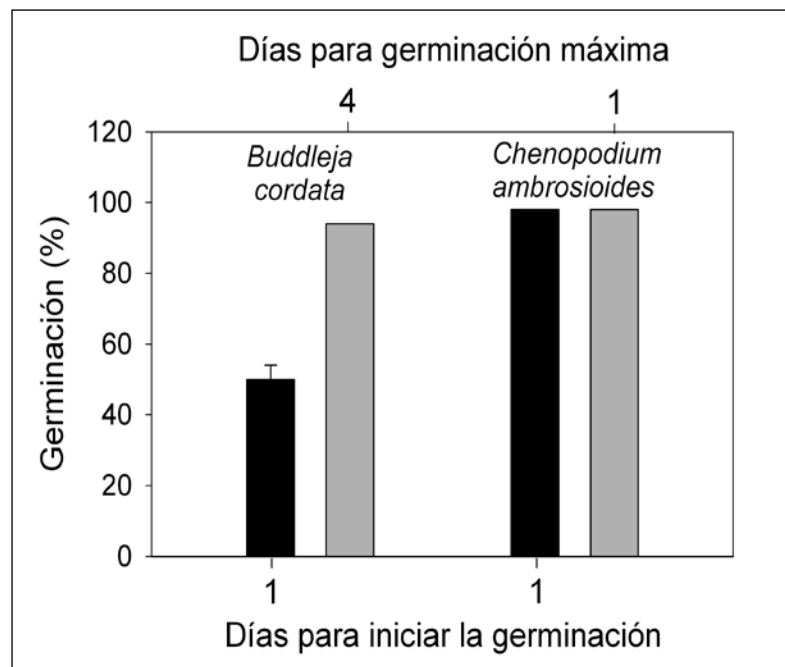


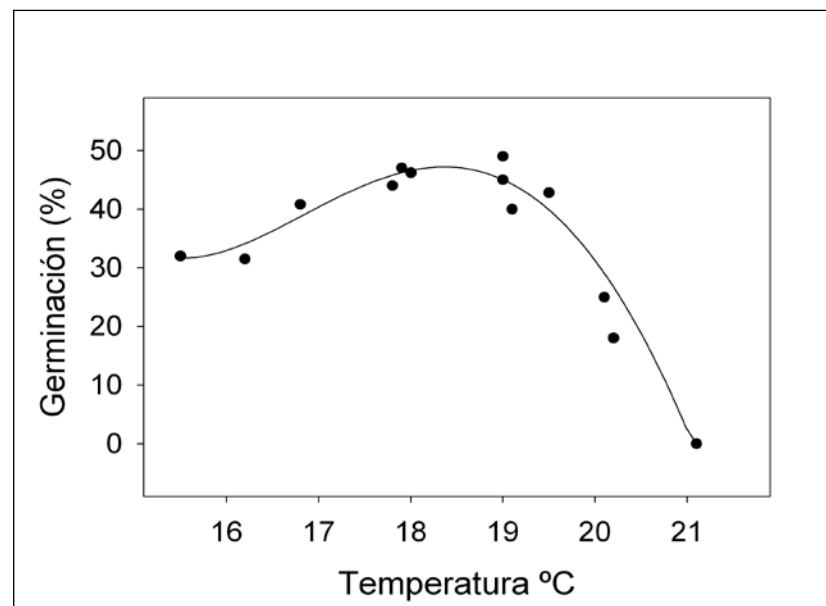
Fig. 13. Tiempo para que la luz induzca la germinación de dos especies de la Reserva del Pedregal de San Ángel. Datos de Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia (1990).

El fitocromo A se sintetiza durante la imbibición de las semillas en el suelo, es decir, mientras están enterradas en el suelo y el contenido de humedad de éste favorece la hidratación de las semillas (Casal y Sánchez 1998). Este fitocromo induce respuestas germinativas con flujos fotónicos muy bajos, que podrían indicar a las semillas la proximidad de la superficie del suelo o la posibilidad de que una plántula etiolada (plántulas ahiladas con forma de báculo y con los cotiledones aclorofilicos sin expandirse) pueda pasar a través de los poros del suelo y alcanzar la superficie. También regula el cambio de la plántula etiolada a una fotosintética con los cotiledones extendidos, cuando el flujo fotónico es el correcto (Smith 1995). El fitocromo B no regula las respuestas a muy bajos flujos fotónicos. La percepción de estas condiciones por fitocromo A, en condiciones de estrés hídrico representa una ventaja, ya que la raíz de las semillas que germinan en éstas circunstancias queda más protegida de la deshidratación que si hubiera germinado en capas más superficiales del suelo. En *O. tomentosa* el requerimiento de luz rica en rojo para germinar se mantiene en gran parte de las semillas aún después de haber permanecido en el suelo varios meses; una fracción menor es capaz de germinar en luz rica en RL y una fracción aún menor es capaz de germinar en la oscuridad. A esto se suma la sensibilidad de las semillas a la temperatura promedio durante la época de germinación (Fig. 14). La segregación de

subpoblaciones con diferentes requerimientos amplía el número de microambientes en los que esta especie puede germinar y las posibilidades de éxito en el establecimiento. En algunas especies la fluctuación de temperatura puede sustituir el requerimiento de luz (Franklin y Whitelam 2004). A pesar de esto y de que una fracción de las semillas de *O. tomentosa* y todas las semillas de *W. urens* adquieran o tengan la capacidad de germinar en la oscuridad, en capas profundas del suelo (>3 cm), otros factores del suelo, no identificados hasta el momento impiden la germinación con lo que se favorece la formación de un banco de semillas permanente.

Los requerimientos térmicos también permiten a las especies germinar en la época y el sitio adecuado, la respuesta germinativa en gradientes de temperatura ha sido estudiada en *Manfreda brachystachya* y *W. urens*. El óptimo para la germinación se encuentra en un intervalo de temperaturas relativamente estrecho (23-26°C) para la primera especie, mientras que en la segunda especie el intervalo es amplio (23-35°C). En la respuesta a la temperatura de estas especies se puede observar también el fraccionamiento de las poblaciones en subpoblaciones con distintos requerimientos (Fig. 15), lo que refleja también la diversidad funcional (González-Zertuche y Orozco-Segovia 1996; Orozco-Segovia *et al.*, 1996; Reyes-Ortega 2001).

Fig. 14. Germinación de *Opuntia tomentosa* en el Pedregal de San Ángel. La temperatura es el promedio de las registradas durante el periodo de germinación. Datos tomados de Olvera-Carrillo (2001).



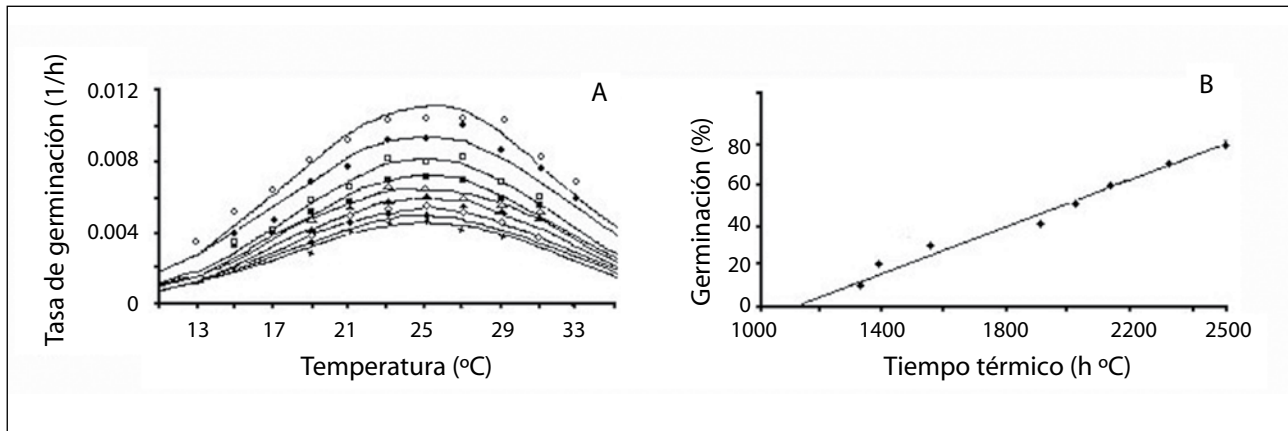


Fig. 15. A) Germinación de subpoblaciones porcentuales de *Manfreda brachystachya* en un gradiente de temperatura. B) Tiempos térmicos requeridos para alcanzar la germinación indicada por cada subpoblación porcentual. Datos tomados de González-Zertuche y Orozco Segovia (1996).

Escape, evasión y tolerancia a la sequía y la diversidad funcional

Una aproximación en una escala mayor a la de la germinación, desde la que se puede abordar el conocimiento de la diversidad funcional del Pedregal, resulta de separar a las especies por grupos funcionales considerando uno o varios de sus atributos. Las especies que crecen en el Pedregal de San Ángel presentan una diversidad de mecanismos adaptativos con los que responden a la aridez edáfica. En general, la falta de disponibilidad de agua en las plantas ha generado al menos dos mecanismos de adaptación a la sequía. Uno consiste en evadir la sequía, como las plantas anuales o efímeras que han evolucionado de tal manera que pasan los períodos de sequía en forma de semilla o como cualquier otro órgano de perennación (p.e. bulbos, rizomas, etc.). La evasión de la sequía puede tener otras expresiones drásticas, como es el caso de las especies perennes caducifolias, freatofitas y suculentas. El otro mecanismo se refiere a las plantas que resisten a la sequía y que son aquellas que la enfrentan o la toleran a través de una serie de mecanismos que les permiten reducir la pérdida del agua por medio de adaptaciones morfológicas y anatómicas como: barreras cuticulares, espinas, pubescencia, presencia de ceras que pueden implicar cambios en la coloración (superficies de color claro), movimientos foliares, proporción alta de tejido conductor/no conductor y de raíz/tallo. Los mecanismos con los que otras especies perennes toleran la aridez son

menos evidentes y más pobremente estudiados, como es el caso de las adaptaciones bioquímicas que permiten el incremento del potencial de absorción de agua, mayor conductancia hidráulica en la raíz y/o variación del potencial osmótico radical que permite cambios en punto de marchitamiento permanente. Algunos de estos mecanismos son el ajuste osmótico y los cambios en la elasticidad de la pared celular. Por otra parte en las plantas CAM y C_4 el cierre de los estomas durante el periodo diurno o por periodos más prolongado que en C_3 , reduce la pérdida de agua.

Entre las plantas con una estrategia semillera están algunas de las especies más características del Pedregal, como el pasto *Muhlenbergia* spp. Mientras que entre aquellas con una estrategia mixta, semillera y rebrotadora está *Dahlia coccinea*. Estas estrategias reproductivas permiten definir la forma en que evaden o enfrentan la sequía y/o el efecto de los ahora recurrentes incendios en el Pedregal. En el caso de *D. coccinea*, ésta posee estructuras de perennación (bulbos) enterradas en el suelo y semillas que pueden tolerar incluso el efecto de incendios superficiales de bajo impacto (Fig. 16).

Aunque muchas de las especies perennes del Pedregal de San Ángel pierden un importante porcentaje de hojas durante la época seca del año, (por lo que contribuyen a la formación de suelos), como *Dodonaea viscosa*; en la literatura hay poca información sobre los periodos de foliación y defoliación, considerando la identidad de las

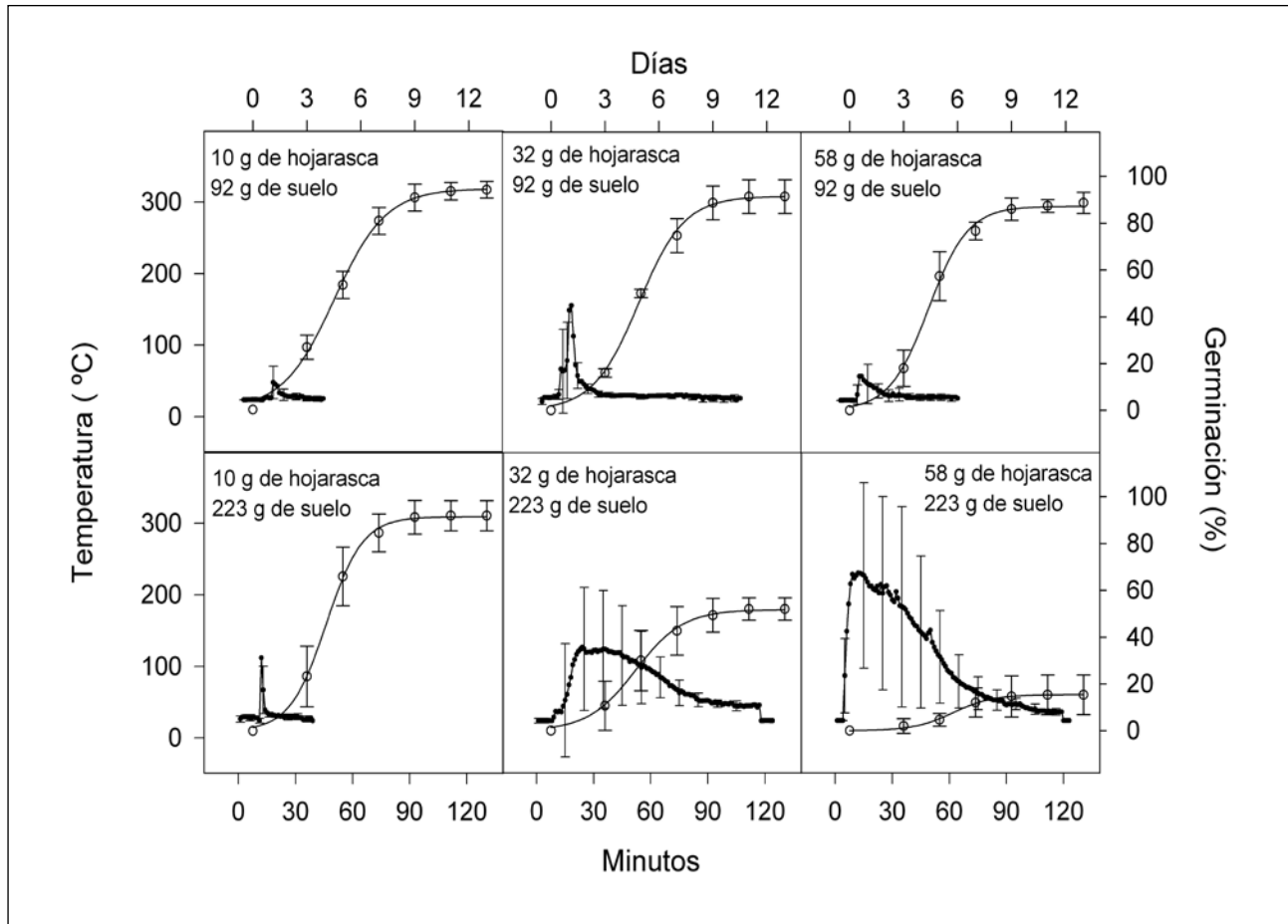


Fig. 16. Germinación de semillas de *Dahlia coccinea* después de haber estado expuestas a incendios realizados en condiciones controladas. Para cada incendio se reporta la cantidad de hojarasca y suelo en la que se colocó a las semillas durante éste. Datos tomados de Vivar-Evans (2002).

especies y el porcentaje de hojas que pierden. Entre las especies caducifolias hay algunas que pierden las hojas durante toda la época seca como *Bursera* sp y *Dioscorea* sp y otras que las pierden por periodos cortos, como *Piqueria* sp (Meave *et al.*, 1994). La presencia de freatofitas se infiere del uso de agua de algunas especies arbóreas como *Buddleia cordata* a la cual se le ha considerado como derrochadora de agua, ya que tiene una pobre regulación estomática de la transpiración durante las horas de mayor insolación, lo que solo puede explicarse si sus raíces alcanzan el manto freático (Corona-Velázquez 1999). Muchas otras estrategias morfológicas de evasión de la sequía pueden ser inferidas de las formas de vida reportadas por Castillo *et al.*, (2004). El ajuste osmótico como mecanismo que permite regular el potencial hídrico de la planta se ha reportado para *Cissus sicyoides*

y *Dodonaea viscosa*. En estas especies un incremento principalmente pasivo de solutos permite que retengan más el agua durante la época seca del año (Degollado-Zaldivar 2000). Las variaciones anuales en la superficie foliar hasta el momento no han sido documentadas para ninguna especie, al igual que la asimilación de CO₂ tipo CAM o C₄, a pesar de que podemos asumir con bastante certidumbre que el primero se presenta entre las cactáceas y otras suculentas del Pedregal. A partir de la respuesta estomática de *D. viscosa* y *B. cordata* puede asumirse que son plantas C₃ (Pozos-Hernández 1991; Ramírez-Gerardo 1997). Algunas especies siguen en forma simultánea mecanismos de tolerancia o evasión de la sequía como *Senecio praecox* que es caducifolia y almacena agua en sus tejidos (suculenta) (Meave *et al.*, 1994, Rzedowski y Rzedowski 2001). Junto con el

desarrollo radicular profundo *Buddleia cordata* también ha desarrollado otros mecanismos, como la reducción de su área foliar, pubescencia, tonos claros en sus hojas y, mecanismos que reducen su pérdida de agua y reflejan parte de la radiación solar.

Las plantas que toleran la sequía presentan un potencial hídrico (Ψ) bajo que permiten el mantenimiento de valores positivos en el potencial de turgencia (Ψ_p) y una resistencia protoplásmica. Esta capacidad de mantener los potenciales de turgencia positivos aún a bajos potenciales hídricos se considera como una ventaja adaptativa. La magnitud de Ψ_p depende de los valores del potencial osmótico ($\Psi\pi$) y el grado de elasticidad de las paredes celulares. Así si Ψ y $\Psi\pi$ son negativos, $\Psi\pi$ debe mantenerse más alto que Ψ , lo que puede ser mediante un incremento de solutos o por una disminución del volumen de agua celular. Adicionalmente, un tejido elástico tiene una turgencia mayor que uno rígido.

Otro mecanismo importante que presentan las plantas que toleran o evaden la sequía es un control efectivo de la apertura estomática que regula la transpiración muy eficientemente. Un mecanismo eficiente de control asegura la sobrevivencia de las plantas cuando la disponibilidad de agua se reduce en el sustrato. En este estado al incrementarse la transpiración los estomas se cierran evitando que la planta se deseeque.

Relaciones hídricas

Las relaciones hídricas se han estudiado en muy pocas especies del Pedregal, estos estudios incluyen especies perennes siempreverdes y caducifolias en distintos grados (Meave *et al.*, 1994; Barradas VL, observaciones personales). *Buddleia cordata*, *Dodonaea viscosa* (siempreverdes), *Senecio praecox* y *Cistus sicyoides* (caducifolias) han sido ampliamente estudiadas. Estas especies presentan potenciales hídricos mínimos, consistentemente más bajos durante la estación seca que durante la estación húmeda (Tabla 1). La diferencia de Ψ que presentan entre la época seca y húmeda las especies caducifolias es muy pequeña, mientras que en las plantas siempre verdes es mayor en *Dodonaea viscosa* pero menor en *Buddleia cordata*. Por otro lado, al avanzar la estación seca todas las especies en general presentan un Ψ_p más bajo a cualquier potencial hídrico (Tabla 2).

Por otro lado, las especies caducifolias (*S. praecox* y *C. sicyoides*) presentaron los valores más altos de potencial osmótico a turgencia total ($\Psi\pi_{100}$) en la época húmeda y los menores se registraron a finales de la época seca. Así, la tendencia del potencial osmótico a turgencia total, va disminuyendo conforme se acerca la época seca en *S. praecox*; sin embargo, en *C. sicyoides* se presenta un aumento en los solutos en la época seca, esto es un ajuste osmótico pasivo al disminuir el agua en las células debido al avance de la época seca.

Tabla 1. Potencial hídrico (ψ) y de turgencia (ψ_p) promedio experimentados por especies caducifolias y siempre verdes en el Pedregal de San Ángel (modificado de Pozos-Hernández, 1991; y Degollado-Zaldivar, 2000).

	época húmeda		época seca	
	ψ	ψ_p	ψ	ψ_p
Caducifolias				
<i>S. praecox</i>	-0.4	0.20	-	
<i>C. sicyoides</i>	-0.5	0.58	-0.74	0.07
Siempreverdes				
<i>B. cordata</i>	-0.68	0.40	-0.98	0.24
<i>D. viscosa</i>	-1.08	0.56	-2.86	0.62

Mientras que las especies siempreverdes presentaron valores de $\Psi\pi_{100}$ más altos y *D. viscosa* presenta una mayor variabilidad entre las épocas del año. Si a esto se le agrega la variabilidad de Ψ para las distintas épocas, entonces se puede hablar de un ajuste osmótico verdadero para mantener la turgencia de sus hojas.

Al comparar las especies entre sí, resulta fácil comprender el por qué de las diferencias en las respuestas al estrés hídrico. De manera tal que si nos enfocamos en *D. viscosa*, vemos que es una planta perenne, no muestra ni una reducción conspicua de su área foliar ni un cambio en la morfología foliar, desarrolla potenciales hídricos bajos en la época seca, mismos que aumentan cuando llueve, además de presentar un ajuste osmótico verdadero, mientras que *C. sicyoides* es una planta caducifolia, con tallos perennes y no desarrolla potenciales hídricos bajos, de ahí que no sea necesario aumentar significativamente la concentración de solutos con el fin de producir un ajuste osmótico verdadero, puesto que las hojas de esta especie se encuentran, en condiciones reales, lejos de la pérdida de la turgencia.

Al comparar *C. sicyoides* y *S. praecox*, se obtiene que los potenciales osmóticos a turgencia total, en el caso de *S. praecox*, se encuentra cierta constancia en éstos, aunque disminuyen en la época seca. Con respecto a *C. sicyoides*, éste disminuye en la época de lluvias y aumentan hacia el final de la temporada, además de que la variación en ambas especies es muy baja como para considerar la existencia de un ajuste osmótico verdadero como mecanismo de tolerancia a la sequía.

Finalmente, analizando los potenciales osmóticos correspondientes en *B. cordata* y *D. viscosa*, observamos que éstos, en general, varían muy poco en la primera especie, lo cual hace difícil hablar con certeza de un ajuste osmótico verdadero, ya que para los potenciales osmóticos a turgencia total la diferencia es pequeña, en cambio, para *D. viscosa* las diferencias acabadas de señalar resultan ser mucho más claras, por lo que sí es adecuado hablar de la existencia de un ajuste osmótico como mecanismo de resistencia a la sequía por lo cual se puede afirmar que *D. viscosa* tolera la sequía.

Conductividad estomática

El comportamiento estomático es otro mecanismo que varía de acuerdo a las especies de que se trate y de las limitaciones que impone el medio ambiente. En general, las especies caducifolias parecen tener la suficiente disponibilidad de agua en el suelo destinada a cubrir la demanda evaporativa de la atmósfera, mientras que las especies siempreverdes parecen no contar con esta disponibilidad de agua a menos que cuenten con un sistema radical que les permita explorar grandes volúmenes de suelo, ya que deben llevar a cabo todas sus funciones fisiológicas en el largo periodo de sequía.

El comportamiento estomático y la interceptación de radiación solar, dada en gran parte por la orientación de las hojas, son los factores que más afectan al flujo de agua que se da a lo largo del día y por ello al comportamiento estomático.

Este comportamiento fue diferente en las especies estudiadas. La conductividad estomática (g_s) promedio fue más alta durante la época húmeda que en la seca, mientras que el potencial hídrico foliar como se apuntó anteriormente fue menos bajo en la época húmeda que en la seca (Fig. 17). Los estomas fueron más sensibles a los cambios de radiación fotosintéticamente activa, de la temperatura del aire, y del déficit de presión de vapor entre la hoja y el aire, durante la época húmeda que en la seca. Aunque fue difícil distinguir el efecto de Ψ en la respuesta estomática en cualquiera de las dos épocas (húmeda o seca), no lo fue al analizar todo el periodo de mediciones obteniéndose un efecto positivo con los estomas tendiéndose a abrir al incrementarse Ψ encontrándose una fuerte evidencia de una conducta isohídrica en *S. praecox* y *B. cordata* (Fig. 17).

El cambio drástico de la conductividad estomática que hay de la época húmeda a la seca, indica que el control de pérdida de agua es más eficiente al incrementarse el estrés hídrico en estas especies. Adicionalmente el cierre estomático relativo que mostraron *B. cordata* y *D. viscosa* iniciada la tarde es un mecanismo típico de evitar la deshidratación cuando la demanda evapotranspirativa es alta (Fanjul y Barradas, 1985). No obstante, el comportamiento diurno de g_s en las dos épocas del año de *B. cordata* y *S. praecox* sugieren que g_s responde más a la transpiración que al potencial hídrico (ver Fig. 15) (Meinzer *et al.*, 1997).

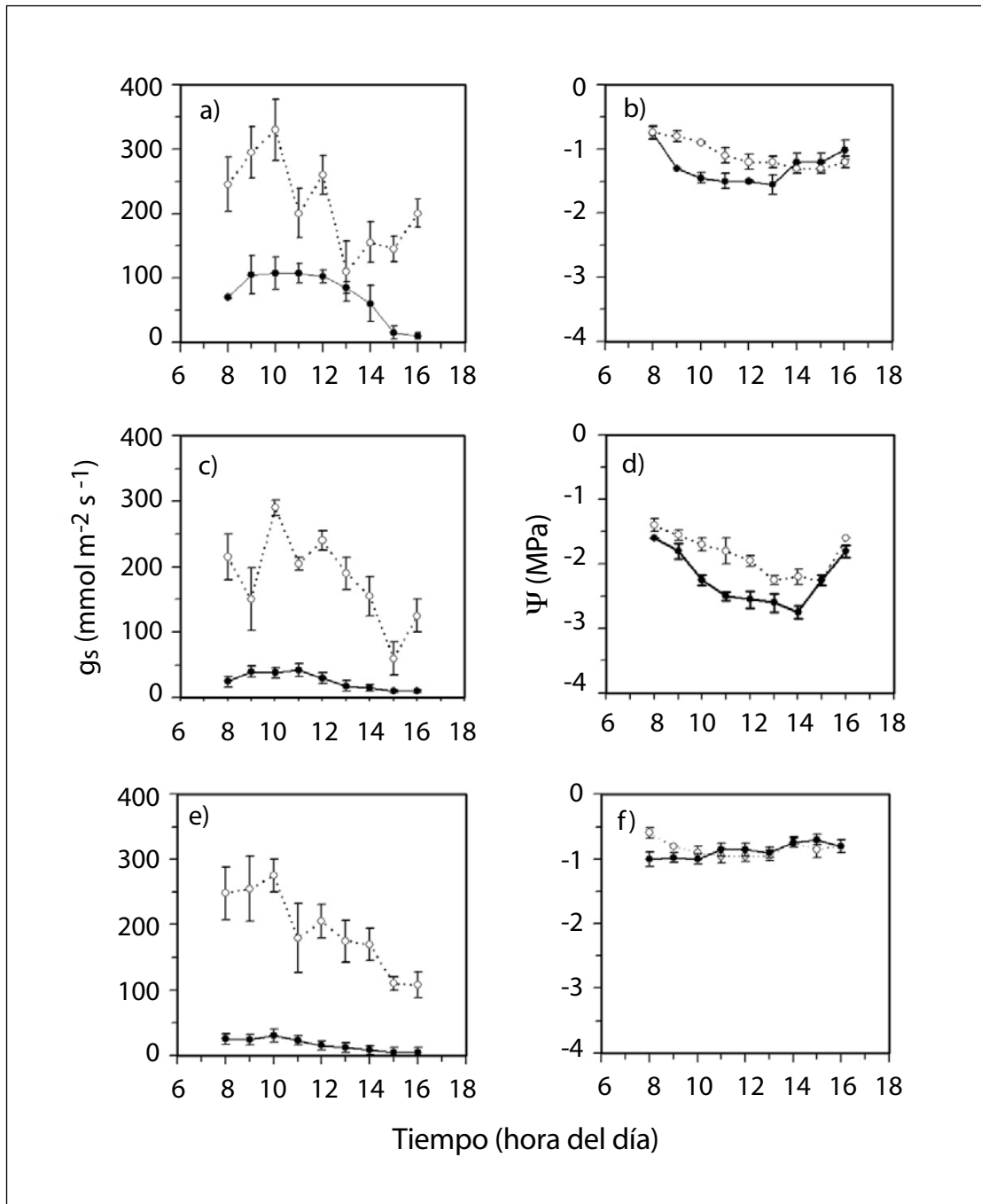


Figura 17. Patrones diarios de conductividad estomática (g_s) (a, c y d) y potencial hídrico foliar (ψ) (b, d y f) de *Buddleia cordata* (a, b), *Dodonaea viscosa* (c, d) y *Senecio praecox* (e, f) en la estación seca (línea continua y símbolos abiertos) y húmeda (línea discontinua y símbolos cerrados).

Por lo tanto, el control estomático permite que Ψ permanezca casi constante después de media mañana cerrando progresivamente los estomas para mantener en equilibrio el incremento de la demanda evaporativa. Este mecanismo también permite que Ψ en la época seca sea similar al de la época húmeda a partir de un drástico cierre estomático que equilibra la disminución de la disponibilidad de agua (Tardieu y Simonneau, 1998; Barradas *et al.*, 2004). No obstante, este comportamiento es muy difícil

de distinguir en *D. viscosa* ya que Ψ es más variable en la estación húmeda y seca, aunque g_s decrezca significativamente cerca del mediodía.

Es pues evidente la diversidad de mecanismos o funciones que presentan las diversas especies de plantas del Pedregal de San Ángel para sobrevivir en la heterogeneidad ambiental de esta comunidad.

Agradecimientos

Agradecemos a la M. en C. Ma. Esther Sánchez-Coronado su apoyo Técnico y al apoyo económico brindado por el CONACyT a través del proyecto 47859-Q.

Literatura citada

- ALVIM. P. DE T., ALVIM R. 1978. Relation of climate to growth periodicity in tropical trees. Pp.445–464. En: Tomlinson P. A., Zimmermann M. H. (Eds.). *Tropical Trees as Living Systems*. Cambridge University Press, Cambridge.
- ANDRACA-GÓMEZ, G. 2002. Selección natural y valor adaptativo en el tiempo de germinación de *Tagetes micrantha* CAV. (Asteraceae) en el Pedregal de San Ángel. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.
- ANTONIO-GARCÉS J. I. 2008. Restauración Ecológica de la Zona de Amortiguamiento 8 de la Reserva Ecológica de la Reserva del Pedregal de San Ángel, D. F. (México). Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.
- BARRADAS, V. L., TEJEDA-MARTÍNEZ, A., JÁUREGUI, E., 1999. Energy balance measurements in a suburban vegetated area in México City. *Atmospheric Environment* **33**: 4109-4113.
- BARRADAS V. L., RAMOS-VAZQUEZ A., OROZCO-SEGOVIA A. 2004. Stomatal conductance a tropical xerophilous shrubland at a lava substratum. *International Journal of Biometeorology* **48**: 119-127.
- BASKIN, J. M., BASKIN, C. C. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* **14**: 1–16.
- BASKIN J. M., NAN X. Y., BASKIN C.C. 1998. A comparative study of seed dormancy and germination in an annual and a perennial species of *Senna* (Fabaceae). *Seed Science Research* **8**: 501-512.
- BEWLEY J. D., BLACK M. 1994. *Seeds, Physiology of Development and Germination*. Plenum Press, New York.
- BRADFORD K.J. 1995. Water relations in seed germination. Pp. 351–396. En: Kigel J., Galili G. (Eds). *Seed Development and Germination*. M. Dekker, New York.
- BRAY C.M. 1995. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. Pp. 767-789. En: Kigel J., Galili G. (Eds). *Seed Development and Germination*. M. Dekker, New York.
- CABRALES-VARGAS R. A. 1991. Demografía e historia natural de *Datura stramonium* L. en el Pedregal de San Ángel con algunas implicaciones evolutivas. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.
- CANO-SANTANA Z., OYAMA K. 1992a. Variation in leaf trichomes and nutrients of *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae) and its implications for herbivory. *Oecologia* **92**: 405-409.
- CANO-SANTANA Z., OYAMA K. 1992b. Tricomas foliares, calidad del alimento y eficiencias de alimentación y crecimiento de *Lophoceramica pyrrrha*. *Southwestern Entomologist*, **17**: 333-339.

- CANO-SANTANA Z., OYAMA K. 1994. *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae): un mosaico de recursos para sus insectos herbívoros. *Acta Botanica Mexicana*, **28**: 29-39.
- CASAL J. J., SÁNCHEZ R. A. 1998. Phytochromes and seed germination. *Seed Science Research* **8**: 317-329.
- CASTILLO-ARGÜERO S., MONTES-CARTAS G., ROMERO-ROMERO M. A., MARTÍNEZ-OREA, Y., GUADARRAMA-CHÁVEZ P., SÁNCHEZ-GALLÉN I., NÚÑEZ-CASTILLO O. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D. F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **74**: 51-76.
- CHAMBERS J. C., MACMAHON J. A., 1994. A day in the life of a seed: movements and fates of seeds and their implications for natural and managed systems. *Annual Review of Ecology and Systematic* **25**: 263–292.
- CORONA-VELÁZQUEZ J. N. 1999. Efecto de los eventos lluviosos en la conductividad estomática de *Buddleia cordata* H.B.K. (Loganiaceae) y *Verbesina virgata* Cav. (Compositae) del Pedregal de San Angel. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.
- DARWIN C. 1967. El Origen de las Especies. Bruguera, Barcelona, España.
- DEBEAUJON I., KOORNNEEF M. 2000. Gibberellin requirement for *Arabidopsis* seed germination is determined both by testa characteristics and embryonic abscisic acid. *Plant Physiology* **122**: 415-424.
- DEGOLLADO-ZALDÍVAR D. 2000. Relaciones hídricas internas de *Cissus sicyoides* L. y *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. de la Reserva del Pedregal de San Angel. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.
- FANJUL L., BARRADAS V. L. 1985. Stomatal behaviour of two heliophile understory species of a tropical deciduous forest in Mexico. *Journal of Applied Ecology* **22**: 943-954.
- FIGUEROA-CASTRO D. M., CANO-SANTANA Z., CAMACHO-CASTILLO E. 1998. Observaciones de los factores que afectan la fenología reproductiva de cinco especies de compuestas en una comunidad xerófila. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **63**: 67-74.
- FINCH-SAVAGE W. E., LEUBNER-METZGER G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist* **171**: 501-523.
- FRANKLIN K. A., WHITELAM G. C. 2003. Light signals, phytochromes and cross-talk with other environmental cues. *Journal of Experimental Botany* **55**: 271-276.
- GAMBOA DE BUEN A., CRUZ-ORTEGA R., MARTINEZ BARAJAS E., SÁNCHEZ-CORONADO M. E., OROZCO-SEGOVIA A. 2006. Natural priming as an important metabolic event in the history life of *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae) seeds. *Physiologia Plantarum* **128**: 520-530.
- GONZÁLEZ-MEPELLÍN M. G. 1992. Importancia ecológica del rocío en la selva baja caducifolia de Chamela, Jalisco. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.
- GONZÁLEZ-ZERTUCHE A. M. L., OROZCO-SEGOVIA A. 1996. Métodos de análisis de datos de la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **58**: 15-30.
- GONZÁLEZ-ZERTUCHE L., OROZCO-SEGOVIA A., VÁZQUEZ-YANES C. 2000. El ambiente de la semilla en el suelo: su efecto en la germinación y en la sobrevivencia de la plántula. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **65**: 73-81.
- GONZÁLEZ-ZERTUCHE, L., VÁZQUEZ-YANES C. (IN MEMORIAN), GAMBOA A., SÁNCHEZ-CORONADO M. E., AGUILERA P., OROZCO-SEGOVIA A. 2001 Natural priming of *Wigandia urens* seeds during burial: Effects on germination, growth and protein expression. *Seed Science Research* **11**: 27-34.
- GONZÁLEZ-ZERTUCHE L., OROZCO-SEGOVIA A., BASKIN J., BASKIN J. M. 2002. Effects of priming on germination of *Buddleja cordata* ssp *cordata* (Loganiaceae) seeds and possible ecological significance. *Seed Science and Technology* **30**: 535-548.
- GRIME J. P. 1974. Vegetation classification by reference to strategies. *Nature* **250**: 26-31.
- HERRERA L., ALMEIDA L. 1994. Relaciones fitogeográficas de la flora vascular de la reserva del Pedregal de San Ángel, México, D. F. Pp. 83–90. En: Rojo, A. (Comp.) Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MEAVE J., CARABIAS J., ARRIAGA V., VALIENTE-BANUET A. 1994. Observaciones fenológicas en el Pedregal de San Ángel. Pp. 91–106. En: Rojo A. (Comp.). Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- MEDINA, E. 1983. Adaptation of trees to moisture stress. Pp. 225-237. En: F. B. Golley (Ed). Tropical Rain Forest Ecosystems: Structure and Function. Elsevier Scientific, Amsterdam.
- MEINZER F. C., HINCKLEY T. M., CEULEMANS R. 1997. Apparent responses of stomata to transpiration and humidity in a hybrid poplar canopy. *Plant, Cell and Environment* **20**: 1301-1308.
- OLVERA-CARRILLO Y., MÁRQUEZ-GUZMÁN J., BARRADAS V. L., SÁNCHEZ-CORONADO M. E., OROZCO-SEGOVIA A. 2003. Germination of the hard seed coated *Opuntia tomentosa* S. D., a cacti from the Mexico Valley. *Journal of Arid Environments* **55**:29-42.
- OROZCO-SEGOVIA A., MÁRQUEZ-GUZMÁN J., SÁNCHEZ-CORONADO M. E., GAMBOA DE BUÉN A., BASKIN, J., BASKIN C. 2007. Seed Anatomy and Water Uptake in Relation to Seed Dormancy in *Opuntia tomentosa* (Cactaceae, Opuntioideae). *Annals of Botany* **99**: 581-592.
- OROZCO-SEGOVIA A., GONZÁLEZ-ZERTUCHE A., MENDOZA A., OROZCO S. 1996. A mathematical model that uses Gaussian distribution to analyze the germination of *Manfreda brachystachya* (Agavaceae) in a thermogradient. *Physiologia Plantarum* **98**: 431-438.
- PÉREZ-ESTRADA L. B. 1992. Factores que afectan la densidad de tricomas urticantes en *Wigandia Urens* (Hydrophyllaceae). Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.
- PETCHEY O. L., GASTON K. J. 2002. Extinction and the loss of functional diversity. Proceedings of the Royal Society of London Ser. B, *Biological Sciences*, **269**: 1721-1727.
- PETCHEY O. L., GASTON K. J. 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters* **9**: 741-758.
- PLATA-ÁLVAREZ M. A. 2002. Estudio ecofisiológico de la germinación de dos especies arbustivas del Pedregal de San Angel *Dodonaea viscosa* (L.) jacq (Sapindaceae) y *Senna multiglandulosa* (Jacq.) Irwin y Barneby (Caesalpinaceae). Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.
- POZOS-HERNÁNDEZ B. A. 1991. Relaciones hídricas internas en *Senecio praecox* D.C. y *Buddleia cordata* H.B.K. de la Reserva del Pedregal de San Angel. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.
- RAJJOU L., GALLARDO K., DEBEAUJON I., VANDEKERCKHOVE J., JOB C., JOB D. 2004. The effect of α -amanitin on the Arabidopsis seed proteome highlights the distinct roles of stored and neosynthesized mRNAs during germination. *Plant Physiology* **134**: 1598-1613.
- RAMÍREZ-GERARDO M. G. 1997. Comportamiento estomático en *Senecio praecox* D.C. (Compositae) y *Dodonaea viscosa* Jacq. (Sapindaceae) de la reserva del Pedregal de San Angel. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.
- REYES-ORTEGA I. 2001. Modelo de la respuesta germinativa de diferentes poblaciones de *Wigandia urens* (Ruiz et Pav.) Kunth en un gradiente de temperaturas constantes. Tesis de Maestría en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.
- RUEDAS MEDINA M. 1999. Germinación y crecimiento temprano de *Mammillaria magnimamma*. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.
- RZEDOWSKI, J., 1994. Vegetación del Pedregal de San Ángel. Pp. 9–65. En: Rojo, A. (Comp.). Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RZEDOWSKI J., RZEDOWSKI G. C. 2001. Flora Fanerogámica del Valle de México. Editorial Continental, México, D. F., México.
- SINESCHCHEKOV V. A. 2004. Phytochrome A: Functional diversity and polymorphism. *Photochemical and Photobiological Sciences* **3**: 596-607.
- SMITH H. 1982. Light quality, photoperception and plant strategy. *Annual Review of Plant Physiology* **33**: 481-518.
- SMITH H. 1995. Physiological and ecological function within the phytochrome family. *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology* **46**: 289-315.
- SMITH H., 2000. Phytochromes and light signal perception by plant emerging synthesis. *Nature* **407**: 585–591.
- SMITH H., WHITELAM G. C. 1990. Phytochrome, a family of photoreceptors with multiple physiological roles. *Plant Cell and Environment* **13**: 695–707.
- SPICER J. I., GASTON K. J. 1999. Physiological Diversity and its Ecological Implications. Blackwell Science Ltd., London, UK.
- TARDIEU F., SIMONNEAU T. 1998. Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water

- status and evaporative demand: modelin isohydric and anisohydric behaviours. *Plant Cell and Environment* **49**: 419-432.
- THANOS C. A., KADIS C. C., SKAROU F. 1995. Ecophysiology of germination in the aromatic plants thyme, savory and oregano (Labiatae). *Seed Science Research* **5**: 161-170.
- VÁZQUEZ-YANES, C., OROZCO-SEGOVIA A. 1990. Ecological significance of light controlled seed germination in two contrasting tropical habitats. *Oecologia* **83**: 171-175.
- VIVAR-EVANS S., BARRADAS V. L., SÁNCHEZ-CORONADO M. E., GAMBOA, A., OROZCO-SEGOVIA A. 2006. Seed germination of wild *Dahlia coccinea* (Asteraceae) in a spatially heterogeneous fire-prone habitat. *Acta Oecologica* **29**: 187-195.
- VLEESHOUWERS L. M., BOUWMEESTER H. J., KARSSSEN C. M. 1995. Redefining seed dormancy: an attempt to integrate physiology and ecology. *Journal of Ecology* **83**: 1031-1037.
- VIOLLE C., NAVAS M. L., VILE D., KAZAKOU E., FORTUNEL C., HUMMEL I., GARNIER E. 2007. Let the concept of trait be functional. *Oikos* **116**: 882-892.
- WULFF R. 1995. Environmental maternal effects on seed quality and germination. Pp. 491-505. En: Kigel J., Galili G. (Eds). *Seed Development and Germination*. M. Dekker, New York.

Fenología reproductiva de *Habranthus concolor* y *H. aff. concolor* (Amaryllidaceae) y su relación con la lluvia

María de Jesús Xóchitl Damián-Domínguez, Zenón Cano-Santana e Iván Castellanos-Vargas

Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de México
xochdd@gmail.com

Introducción

La fenología es la descripción de los eventos estacionales de las comunidades bióticas influenciados por el ambiente (Schwartz, 2003). Su estudio permite reconocer la importancia de factores bióticos y abióticos sobre la sucesión de eventos estacionales en el ciclo de vida de un organismo. En las comunidades de plantas la temperatura, la precipitación y el fotoperiodo son los factores ambientales que disparan los eventos de floración (Rathcke y Lacey, 1985; Loomis y Connor, 1992) mediante el rompimiento de la dormancia de las yemas (Bowers y Dimmitt, 1994). Una vez iniciado este proceso continúa en función de éstos y otros factores ambientales, en el que destaca la precipitación, la cual permite que se mantengan niveles adecuados de disponibilidad de agua en el suelo, necesaria para la floración. Entre los patrones fenológicos de floración se han identificado los siguientes (Gentry, 1974): (1) *estado estable*, en el que una planta produce pocas flores cada día, sobre un largo periodo de tiempo; (2) *cornucopia*, en el que las plantas producen un gran número de flores con un tiempo de vida de varias semanas; (3) *estrategia "big bang" o floración masiva*, que muestra una alta sincronización en la producción de flores a nivel individual y poblacional, con periodos de floración muy cortos cada año; y (4) *floración múltiple*, que hace alusión a numerosos periodos de floración cortos, distribuidos a lo largo del año.

Dentro de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (en lo sucesivo, REPSA) la fenología reproductiva de las amarilidáceas es muy

interesante. O'Gorman (1963) señala que las especies de *Zephyranthes* nativas del Valle de México poseen flores que aparecen antes que las hojas y que éstas florecen masivamente durante el mes de mayo en las llanuras y entre las rocas del Pedregal de San Ángel. Castillo-Argüero *et al.* (2004) registraron tres especies de amarilidáceas en la REPSA: *Sprekelia formosissima* (L.) Herb., *Zephyranthes concolor* (Lindl.) Benth. y Hook y *Z. longifolia* Hemsl. Recientemente, A. García-Mendoza (com. pers.) identificó como *Habranthus concolor* Lidl. algunos ejemplares de flores blancas, con tintes verdosos o rosados en el ápice exterior de los segmentos del perianto (Fig. 1a), a *Zephyranthes fosteri* Traub, con flores sésiles o con un pedúnculo corto de color rosa que se torna aún más rosado con el tiempo (Fig. 1c), y una morfoespecie cuya identidad taxonómica se mantiene bajo discusión y que se ha designado en este trabajo como *H. aff. concolor*, con flores rosa pálido y tintes rojizos en los segmentos del perianto (Fig. 1b). *El International Plant Names Index* considera como sinónimos a *H. concolor* y *Z. concolor*.

César-García (2002) registró que *Z. concolor* (= *Habranthus concolor*) era la primera especie en florecer al inicio de la estación lluviosa, entre marzo y abril, con fructificación en junio. García-Mendoza (com. pers.) ha sugerido que *H. aff. concolor* es el producto de la hibridación entre *Z. fosteri* y *H. concolor* y Damián-Domínguez (en prep.) ha encontrado evidencias morfológicas de ello.

En este trabajo (1) se describen las fenofases florales de ambas especies y se compara la duración de cada feno-



FIG 1. Aspecto de las flores. a) *Habranthus concolor*, b) *H. aff. concolor* y c) *Zephyranthes fosteri*.

fase en ambas, (2) se hace un análisis comparativo de los patrones de fenología floral entre *H. concolor* y *H. aff. concolor*, y (3) se reporta el periodo de tiempo que tarda en producir flores *H. concolor* después de las primeras lluvias.

Materiales y métodos

Sistema de estudio

Habranthus concolor es una hierba de hasta 40 cm de alto, con un bulbo ovoide de 1.5 a 4.5 cm de diámetro y hojas que se desarrollan en la etapa de fructificación, sus flores son solitarias, de color blanco y de 7 cm de diámetro localizadas en un escapo floral y su fruto es una cápsula trilobada con semillas negras y planas; la mayoría de los individuos producen sólo una flor, aunque se han observado individuos que producen dos flores de forma simultánea (Damián-Domínguez, en prep.).

Aunque esta especie puede producir semillas por autocruza (Damián-Domínguez, en prep.), se ha observado a *Dialictus* sp. y *Apis mellifera* portando polen y alimentándose de él. Otros visitantes incluyen trips, chinches, moscas y mariposas, y a estas últimas se las ha observado bebiendo agua contenida en las flores después de la lluvia, así como succionando secreciones líquidas del estigma, por lo que su papel como polinizadores no está claro.

Habranthus aff. concolor por su parte, es una hierba de hasta 23 cm de altura, con un bulbo de 3 a 6 cm de diámetro, y flores de 4 cm de diámetro, sobre las que se han observado trips así como actividad de forrajeo de la abeja *Dialictus* sp. (Damián-Domínguez, en prep.).

Fenología y descripción de fenofases reproductivas

Con el fin de determinar la fenología reproductiva de *H. concolor* y *H. aff. concolor*, en marzo de 2006 se seleccionaron ocho cuadros de estudio permanente de 10 × 10 m en los que abundaban brotes de estas especies. Cinco de estos cuadros se ubicaron en la Zona Núcleo Oriente de la REPSA, dos en las áreas verdes adyacentes al estacionamiento de alumnos de la Facultad de Contaduría y Administración dentro del camellón central del Circuito Exterior, y otro en un área verde localizada en el costado norte del edificio de Programas Universitarios. En 2006 los cuadros seleccionados dentro de la zona núcleo sufrieron un incendio severo dos meses antes de iniciar el estudio.

Se describieron las fenofases florales con base en observaciones realizadas sobre los primeros individuos de ambas especies que florecieron en los ocho cuadros. En cada cuadro se marcaron todos los individuos y se hicieron registros diarios para determinar la fecha de aparición y término de cada fenofase.

Relación entre la lluvia y el inicio de la floración en *H. concolor*

Para determinar el tiempo transcurrido entre la primera lluvia del año y la producción de flores en 2006, se simuló una lluvia copiosa de 31.8 mm, aplicando 10 L de agua en un radio de 10 cm a 50 bulbos de *H. concolor* localizados en las áreas verdes adyacentes al estacionamiento de estudiantes de la Facultad de Contaduría y Administración el 28 de marzo de 2006. Se registró el número de días en los que se inició la floración en estas plantas. El 13 de marzo de 2007 se registró la primera

lluvia (de 1.9 mm), y se registró el número de días que tardaron en producir flores los bulbos de *H. concolor* marcados para el ensayo de riego de 2006.

Resultados

Fenofases de las estructuras reproductivas y su duración

Las estructuras reproductivas de las especies de estudio atraviesan por nueve fenofases (Fig. 2): (a) *brote*, que se caracteriza porque sólo son visibles las dos brácteas que cubren el botón; (b) *botón joven*, en el que sus tépalos tienen tintes verdosos; (c) *botón maduro*, cuando los tépalos son de color blanco; (d) *flor joven*, en que la flor está semiabierta sin polen en las anteras; (e) *flor madura*,

es la etapa en la que la flor se encuentra en antesis, con polen en las anteras; (f) *flor senil*, que ocurre cuando la flor adquiere tintes rosados en la punta de los tépalos; (g) *fruto temprano*, es el fruto en el que no se distinguen los tres lóbulos de la cápsula; (h) *fruto joven*, se distingue cuando se diferencian los tres lóbulos y termina cuando el fruto se torna color paja; y (i) *fruto maduro*, en el que la cápsula se abre y dispersa las semillas.

Se encontró que la apertura de las flores en *H. concolor* se lleva a cabo desde el medio día (12:00 h), y un gran porcentaje de los individuos registran su antesis en la noche. Las flores de *H. concolor* no se cierran durante la noche; en contraste, las flores de *H. aff. concolor* registran su antesis desde las 9:00 h y cierran alrededor de las 18:00 h o cuando la temperatura y la radiación solar disminuyen.

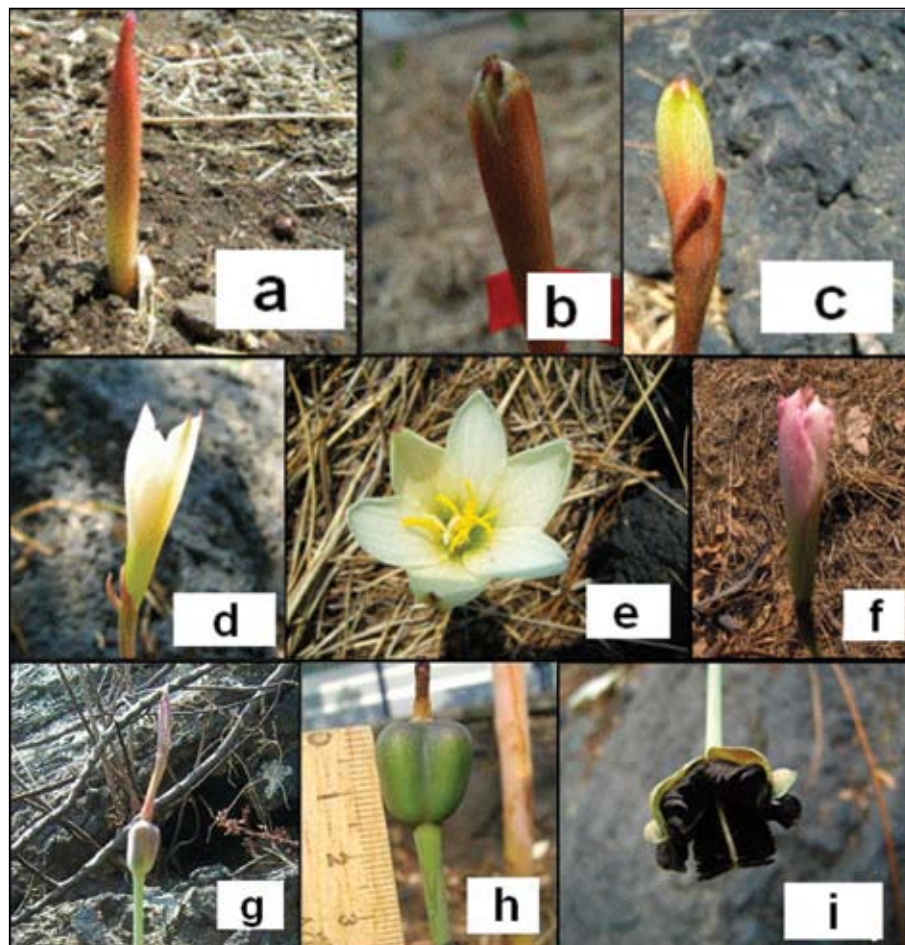


FIG. 2. Fenofases de las estructuras reproductivas de *H. concolor*. a) Brote. b) Botón joven. c) Botón maduro. d) Flor joven. e) Flor madura. f) Flor senil. g) Fruto temprano. h) Fruto joven. i) Fruto maduro.

En general, se encontraron diferencias en la duración de cinco de las nueve fenofases reconocidas entre especies. La duración del botón joven, flor madura y fruto maduro fue significativamente más prolongada en *H. concolor* que en *H. aff. concolor*, en tanto que la duración del botón maduro y del fruto temprano fue significativamente más corto en *H. concolor* (Tabla 1). De hecho, la duración de las flores en antesis fue 2.8 veces más prolongada en *H. concolor* que en *H. aff. concolor*.

Fenología reproductiva

En 2006 *H. concolor* (Fig. 3a) y *H. aff. concolor* (Fig. 3b) experimentaron dos periodos de producción de brotes, lo cual afectó la fenología reproductiva. Las flores en antesis de *H. concolor* constituyeron alrededor del 50% de las estructuras en dos periodos: uno del 30 de marzo al 9 de abril, y otro del 24 al 30 de abril. Asimismo, sus frutos jóvenes dominaron en dos periodos, uno entre el 10 y el 17 de abril y otro entre el 8 y el 23 de mayo, en tanto que los frutos maduros se detectaron del 17 de abril al 7 de mayo y después del 22 de mayo. *Habranthus aff. concolor*, por su parte, produjo brotes del 30 de marzo al 1 de abril y el 27 de abril y sus flores en antesis se registraron del 27 de marzo al 3 de abril y el 24 de abril, en tanto que sus fru-

tos jóvenes se detectaron del 10 al 24 de abril y después del 8 de mayo.

En 2007 se notó un retraso fenológico floral de *H. concolor* respecto a 2006 y un adelanto de *H. aff. concolor*, además, se detectaron dos periodos distinguibles de producción de brotes en *H. concolor* y al menos tres en *H. aff. concolor* (Figs. 3c y d). Los brotes y los botones de *H. concolor* fueron más evidentes entre el 4 y el 24 de abril y las flores maduras se registraron hasta el día 10 de ese mes, aunque el valor más alto de la temporada se presentó durante la última semana de abril con el 30%. Los frutos se registraron desde el 17 de abril y la dispersión de semillas se llevó a cabo desde esa misma semana. Los brotes de *H. aff. concolor*, por su parte, se detectaron en tres periodos: del 13 al 19 de marzo, del 3 al 6 de abril, 26 al 27 de abril y otro, menos intenso, únicamente el 7 de mayo. Esto estuvo asociado a que se detectaran casi todas las fenofases a lo largo del periodo reproductivo. En 2007 las flores maduras se registraron entre el 13 de marzo y el 14 de mayo en porcentajes inferiores al 20%. Los frutos tempranos, por ejemplo, fueron evidentes en tres periodos: la semana del 20 y la del 27 de marzo, la del 10 de abril y la del 1 de mayo. Los frutos maduros, por su parte, se detectaron desde la semana del 10 de

Tabla 1. Duración \pm e.e. (intervalo) de cada fenofase de las estructuras reproductivas de *H. concolor* y *H. aff. concolor*, N= 20 en ambos casos. Los datos corresponden a la temporada 2007. Letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de t para muestras independientes, g.l. = 38).

Etapa	Duración en días	
	<i>H. aff. concolor</i>	<i>H. concolor</i>
Brote	1.0 \pm 0 (1-1) ^a	1.05 \pm 0.05 (1-2) ^a
Botón joven	1.0 \pm 0 (1-1) ^b	1.20 \pm 0.09 (1-2) ^a
Botón maduro	1.50 \pm 0.12 (1-2) ^a	1.18 \pm 0.09 (1-2) ^b
Flor joven	1.0 \pm 0 (1-1) ^a	1.0 \pm 0 (1-1) ^a
Flor madura	1.0 \pm 0 (1-1) ^b	2.80 \pm 0.16 (2-4) ^a
Flor senil	2.70 \pm 0.11 (2-3) ^a	2.55 \pm 0.17 (1-4) ^a
Fruto temprano	3.00 \pm 0.13 (2-5) ^a	2.06 \pm 0.21 (1-4) ^b
Fruto joven	11.35 \pm 0.65 (8-18) ^a	11.30 \pm 0.13 (10-12) ^a
Fruto maduro	6.33 \pm 0.80 (3-10) ^b	9.10 \pm 0.56 (6-14) ^a

abril, en este caso se espera que apareciera un periodo posterior al 15 de mayo, en el que aparecieron los frutos maduros del tercer periodo, el cual no fue visto por término de muestreo.

La floración de *H. aff. concolor* ocurrió antes que la de *H. concolor* en ambos años (Fig. 3).

Los patrones fenológicos de *H. concolor* y *H. aff. concolor* registrados en 2006 mantuvieron una relación estrecha con las lluvias. La precipitación acumulada durante los meses de marzo, abril y mayo fue de 138.7 mm, el 50% de este valor se alcanzó el 31 de marzo. Tres días después de una lluvia de 6.2 mm los brotes de ambas especies aparecieron, mientras que las flores se registraron después de cuatro días, aunque se observaron flores de *H. concolor* desde el 30 de marzo (Fig. 4a). En 2007 la precipitación acumulada en marzo, abril y mayo fue de 62.7 mm, con el 50% registrado para el 5 de mayo. En 2007,

los brotes de *H. aff. concolor* se registraron 24 h después de una lluvia de 1.9 mm. Para esta especie los brotes se registraron desde el 13 y hasta el 17 de marzo, mientras que las flores se registraron desde el 16 hasta el 22 de marzo. *H. concolor* no presentó desarrollo de brotes con esta intensidad de lluvia y sus primeros brotes surgieron el 3 de abril y las flores siete días después, sin ser antecedidas por lluvia (Fig. 4b). En esta especie, después de la aparición masiva de brotes el 26 de abril, nuevos brotes y flores en antesis se registraron en proporciones del 6 y 8%, respectivamente, hasta el 19 de mayo.

El pico de floración de ambas especies fue altamente sincrónico en ambos años, en 2006 ocurrió el 30 de abril, *H. concolor* registró 215 flores maduras y *H. aff. concolor* sólo 16 flores en los sitios de estudio (Fig.5a). En 2007 el pico de floración de *H. concolor* ocurrió el 30 de abril, con 78 flores, en tanto que el de *H. aff. concolor* ocurrió el día 29 de ese mes, con 48 flores (Fig. 5b).

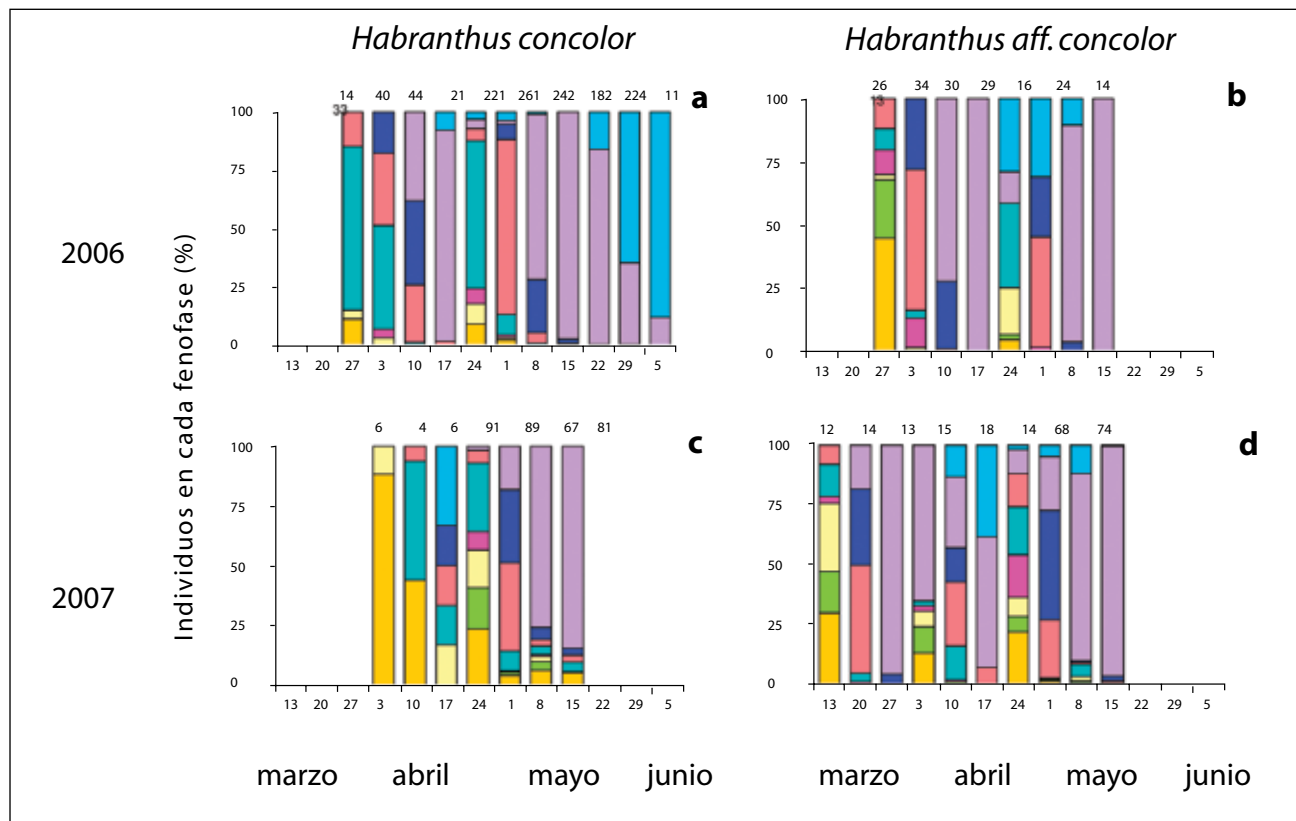


FIG. 3. Fenogramas semanales de *H. concolor* y *H. aff. concolor* en la REPSA. Fenofases: (■) brotes, (■) botón joven, (■) botón maduro, (■) flor joven, (■) flor madura, (■) flor senil, (■) fruto temprano, (■) fruto joven y (■) fruto maduro. Los tamaños de muestras fueron 14-242 y 4-91 para *H. concolor*, y 13-34 y 12-74 para *H. aff. concolor*, en 2006 y 2007, respectivamente.

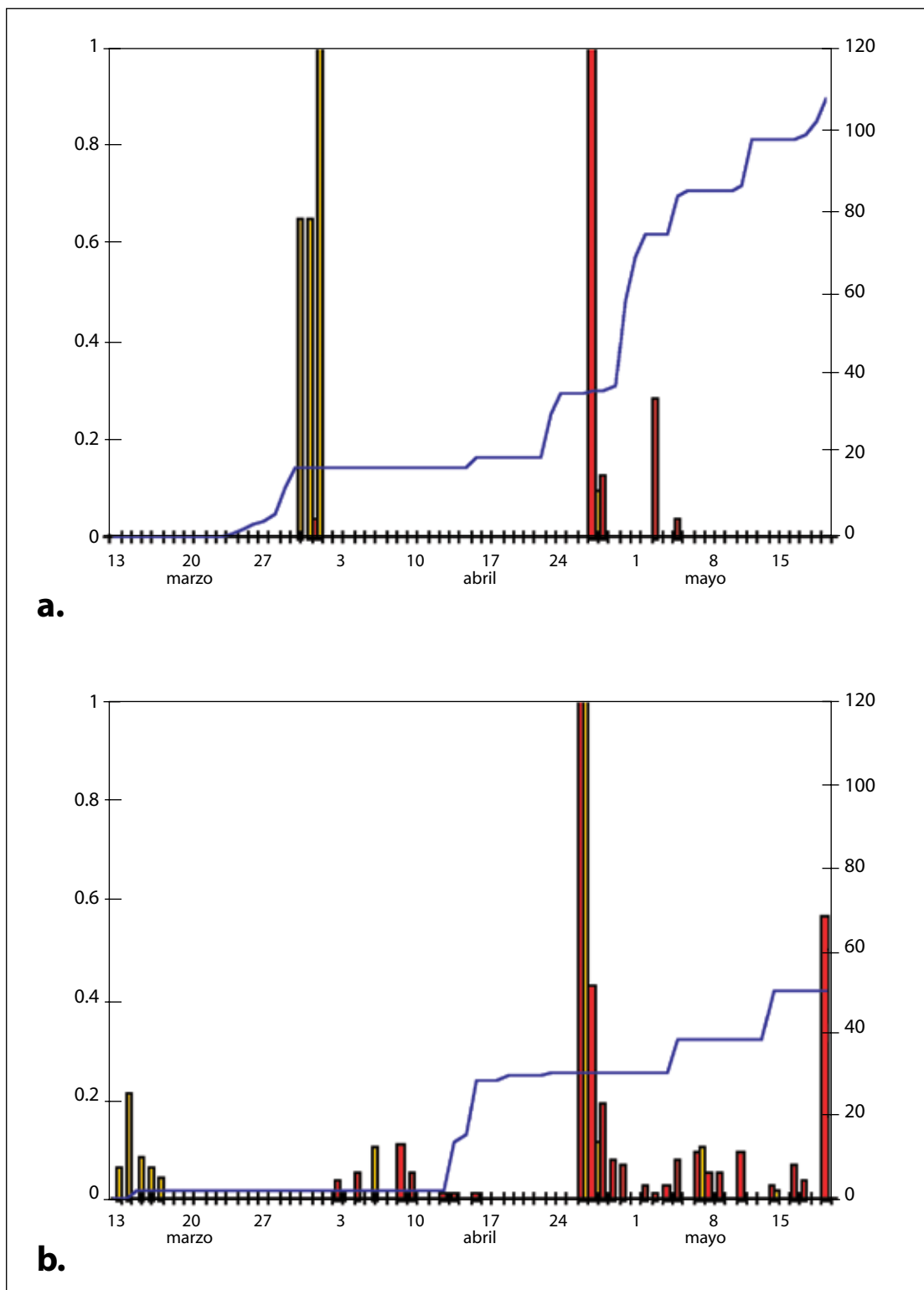


FIG. 4. Número relativo de brotes [esto es, (No. de brotes en el día i)/(No. máximo de brotes en un día dentro de la temporada de floración)] de *H. concolor* (■) y *H. aff. concolor* (■) en relación a la precipitación acumulada (—). a) 2006. b) 2007.

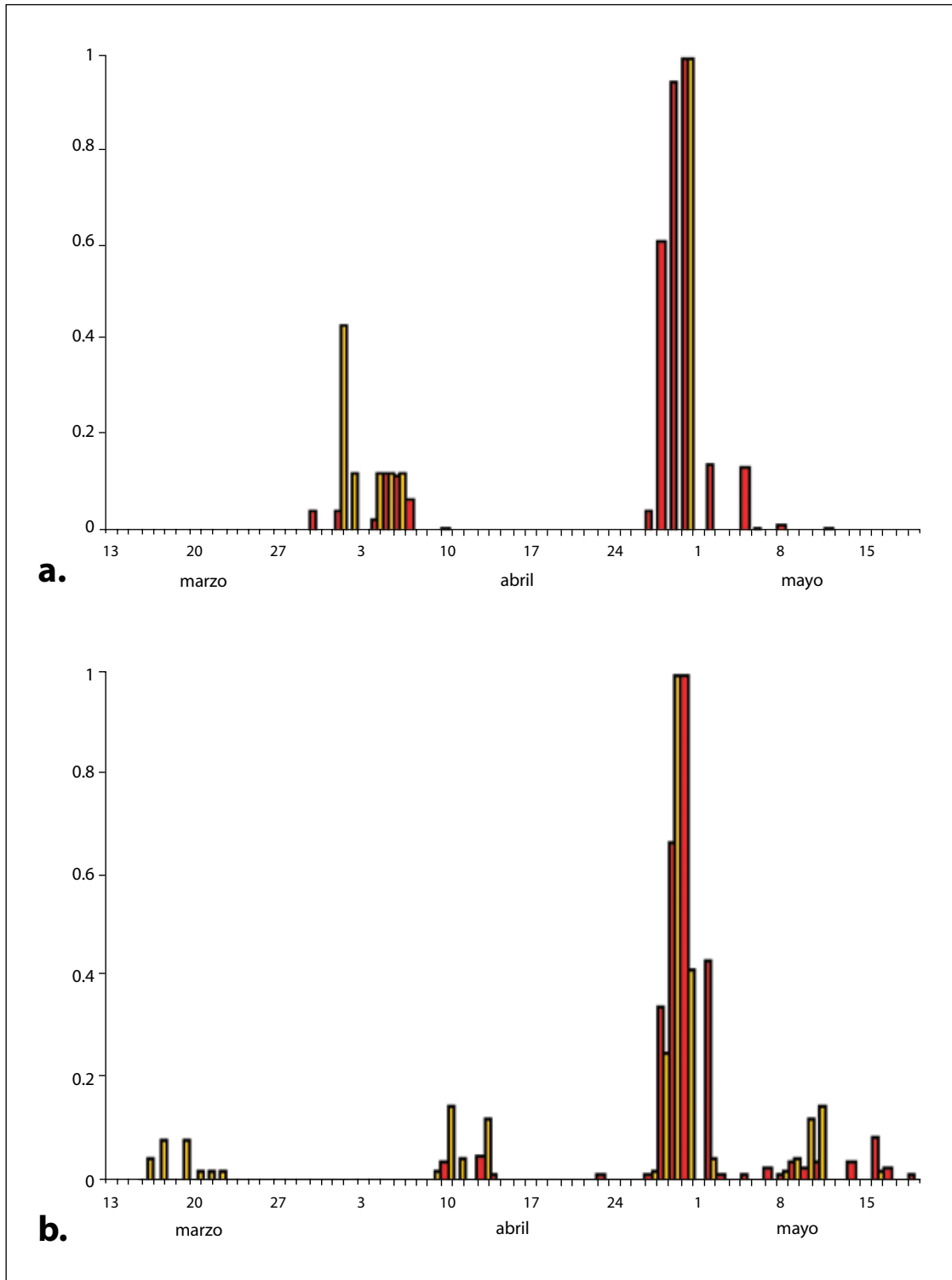


FIG. 5. Número relativo de flores (ver explicación en Fig. 4) de *H. concolor* (■) y *H. aff. concolor* (■). a) 2006. b) 2007.

Efecto de las primeras lluvias en *H. concolor*

En 2006, 16 de los 50 bulbos regados desarrollaron su brote. El 31% de ellos registró el brote dos días después del riego y el 50% se registraron con flores en anthesis seis días después. El 38% de los 16 individuos que respondieron en el ensayo produjeron brote, pero éstos se secaron. En 2007 la precipitación acumulada se mantuvo en 1.9 mm desde el 15 de marzo hasta el 13 de abril. Las lluvias durante el 14 al 23 de abril acumularon 30.4 mm. El 48% de los bulbos produjeron brotes el 26 de abril. El tiempo transcurrido en presentar brotes y frutos jóvenes bajo el ensayo de riego fue mayor que el registrado bajo la acumulación de lluvia en 2007 (Tabla 2).

Discusión y conclusiones

La comparación de los patrones fenológicos registrados en 2006 y 2007 indican que *H. concolor* requiere de valores de precipitación alrededor de los 30 mm para romper la dormancia e iniciar el desarrollo de la flor. En contraste, *H. aff. concolor* muestra requerimientos de humedad en el suelo más bajos, por lo que se registraron

brotes 15 días antes que *H. concolor* en la temporada 2007 (Fig. 4b), y en mayor proporción en la temporada 2006. Otros estudios han sugerido que la coexistencia de especies con diferentes estrategias fenológicas se debe a sus diferencias fisiológicas en la capacidad de utilizar agua proveniente de pequeños pulsos de lluvia, como es el caso de *Arctostaphylos viscida* Parry (Baker et al., 1982), *Capparis odoratissima* Jacq. y *Croton heliaster* S. F. Blake (Díaz y Granadillo, 2005). Asimismo, la intensidad y distribución de las lluvias durante el año permiten alargar la temporada reproductiva (Abd El-Ghani, 1997), tal como se observó en la temporada 2007 en ambas especies, pues a partir de mayo mantuvieron baja producción de brotes durante 20 días. Por otra parte, el acortamiento de la temporada reproductiva de *H. concolor* durante 2007 pudo ser causado por el efecto combinado de lluvias de baja intensidad y alta evaporación que no permitieron que el suelo se hidratara (Baker et al., 1982).

En ambas especies la interrupción del desarrollo de las yemas florales puede ser consecuencia de bajos potenciales hídricos experimentados por las plantas, por lo que los brotes no se desarrollan y al cabo de un tiempo se secan.

Tabla 2. Tiempo transcurrido \pm e.e. (intervalo) que tarda en presentarse cada fenofase de las estructuras reproductivas de *H. concolor* después del riego con 31.8 mm en 2006 (N = 10) y de una acumulación de 30.4 mm en 2007 (N = 24). Letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de t para muestras independientes, g.l. = 32).

Etapa	Tiempo en días	
	2006	2007
Brote	3.5 \pm 0.20 (3–4) ^a	3.0 \pm 0.0 (3–3) ^b
Botón joven	4.2 \pm 0.14 (4–5) ^a	4.0 \pm 0.04 (3–4) ^a
Botón maduro	4.5 \pm 0.22 (4–5) ^a	5.1 \pm 0.04 (5–6) ^a
Flor joven	5.3 \pm 0.21 (5–7) ^a	5.7 \pm 0.12 (5–6) ^a
Flor madura	6.1 \pm 0.10 (6–7) ^a	6.1 \pm 0.08 (5–7) ^a
Flor senil	7.4 \pm 0.22 (7–9) ^b	8.0 \pm 0.04 (8–9) ^a
Fruto temprano	10.5 \pm 0.30 (9–12) ^a	10.0 \pm 0.04 (9–10) ^a
Fruto joven	13.5 \pm 0.17 (13–14) ^a	12.0 \pm 0.04 (12–13) ^b

La variación en la producción de flores en ambas temporadas puede estar ligada a las características fisiológicas de su hábito. En este caso particular, son geofitas con un bulbo como órgano de almacenamiento, cuyas reservas combinadas con las lluvias resultan en altas velocidades de crecimiento, y con la alternancia de periodos de dormancia durante la estación de sequía, como evidencian resultados obtenidos con otras especies de plantas, como *Haemanthus pubescens* L. (Ruitters *et al.*, 1993) y *Silene spaldingii* S. Wats (Lesica y Crone, 2007). Aunque no fue objeto de estudio en este trabajo, el papel que juegan los incendios en la inducción de la floración de estas especies ha sido poco documentado, aunque se sabe que las geofitas sufren mínimo daño por incendios de baja y media intensidad, pero en algunas especies se ha reportado que la floración es masiva en la primera primavera después de un disturbio de este tipo, como ha sido el caso en *H. pubescens* (Ruitters *et al.*, 1993) y *Acis nicaeensis* (Ardoino) Lledó, Davis y Crespo (Diadema *et al.*, 2007), en cuyo caso siempre disminuye la producción de flores en los años subsiguientes.

En ambas especies puede sugerirse un patrón de floración masiva o *big bang* (Gentry, 1974), pues hay alta sincronía en los picos de floración de ambos años de estudio. Este patrón fenológico de floración ha sido explicado en términos adaptativos por la disponibilidad de recursos bióticos (polinizadores y dispersores de semillas) y con el pico de disponibilidad de recursos abióticos (radiación solar o agua) (Dieringer, 1991; Domínguez y Dirzo, 1995; Boulter *et al.*, 2006; Elzinga *et al.*, 2007). Sin embargo, la sincronía en la producción de brotes y flores puede ser afectada por factores intrínsecos debidos a las características fisiológicas de cada especie vegetal (Opler *et al.*, 1976) y a las restricciones filogenéticas (Boulter *et al.*, 2006).

Agradecimientos

Agradecemos a todos los involucrados en la toma de datos en campo, especialmente a Cynthia Damián, Rebeca Velázquez, Mauricio Villeda y Maritza Mendoza. Al Dr. Abisaí García-Mendoza por la determinación de los ejemplares de *H. concolor*, *H. aff. concolor* y *Z. fosteri* y sus comentarios sobre la hibridación de estas especies.

Las diferencias morfológicas (Damián-Domínguez, en prep.) y de la biología reproductiva de las dos especies de estudio sugiere que se trata de ecotipos diferentes, lo que apoya la hipótesis planteada por García-Mendoza de que *H. aff. concolor* es un híbrido entre *H. concolor* y *Z. fosteri*. *Habranthus. aff. concolor* puede gozar de la ventaja adaptativa de florecer de manera temprana, aunque no se sabe cuál es el efecto sobre su éxito reproductivo. En la REPSA la floración de estas especies inmediatamente después de las primeras lluvias puede conferir ventajas en la germinación y establecimiento de nuevos individuos, ya que las semillas son dispersadas durante los meses de precipitación más alta, evitando de esa manera estrés hídrico o la muerte del embrión.

Perspectivas

Para conocer con mayor detalle este sistema en la REPSA, sería de gran utilidad realizar análisis moleculares para corroborar la hipótesis de hibridación, efectuar estudios controlados en invernaderos que determinen el valor umbral de humedad del suelo que dispara el inicio de la floración así como conocer el mecanismo fisiológico involucrado en el rompimiento de la dormancia y el desarrollo del escapo y las flores. Por otra parte, es necesario identificar los vectores de polen y determinar el efecto que tienen sobre el éxito reproductivo y la fenología de estas especies.

Literatura citada

- ABDE EL-GHANI, M. 1997. Phenology of ten common plant species in western Saudi Arabia. *Journal of Arid Environments*, **35**: 673-683.
- BAKER, G. A., P. W. RUNDELL Y D. J. PARSONS. 1982. Comparative phenology and growth in three chaparral shrubs. *Botanical Gazette*, **143**: 94-100.
- BOULTER, S. L., R. L. KITCHING Y B. G. HOWLETT. 2006. Family, visitors and the weather: patterns of flowering in tropical rain forest of northern Australia. *Journal of Ecology*, **94**: 369-382.
- BOWERS, J. E. Y M. A. DIMMITT. 1994. Flowering phenology of six woody plants in the northern Sonoran Desert. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, **121**: 215-229.
- CASTILLO-ARGÜERO, S.; G MONTES-CARTAS, M.A. ROMERO-ROMERO, Y. MARTÍNEZ-OREA, P. GUADARRAMA-CHÁVEZ, I. SÁNCHEZ-GALLÉN Y O. NÚÑEZ-CASTILLO. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **74**: 51-75.
- CÉSAR-GARCÍA, S. F. 2002. Análisis de algunos factores que afectan la fenología reproductiva en el Pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- DAMIÁN-DOMÍNGUEZ, X. En prep. Fenología reproductiva de dos amarilidáceas en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- DÍAZ, M. Y E. GRANADILLO. 2005. The significance of episodic rains for reproductive phenology and productivity of trees in semiarid regions of North-western Venezuela. *Trees*, **19**: 336-348.
- DIADEMA, K.; F. MÉDAIL Y F. BRETAGNOLLE. 2007. Fire as a control agent of demographic structure and plant performance or a rare Mediterranean endemic geophyte. *Comptes Rendus Biologies*, **330**: 691-700.
- DIERINGER, G. 1991. Variation in individual flowering time and reproductive success of *Agalinis strictifolia* (Scrophulariaceae). *American Journal of Botany*, **78**: 497-503.
- DOMÍNGUEZ, C. Y R. DIRZO, 1995. Rainfall and flowering synchrony in a tropical shrub: variable selection on the flowering time of *Erythroxylum havanense*. *Evolutionary Ecology*, **9**: 204-216.
- ELZINGA, J. A., A. ALAN, A. BIERE, L. GIGORD, A. E. WEIS Y G. BERNASCONI. 2007. Time after time: flowering phenology and biotic interactions. *Trends in Ecology and Evolution*, **22**: 432-439.
- GENTRY, A. H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica*, **6**: 64-68.
- LESICA, P. Y E. CRONE. 2007. Causes and consequences of prolonged dormancy for an iteroparous geophyte, *Silene spaldingii*. *Journal of Ecology*, **95**: 1360-1369.
- Loomis, R. S. y S. J. Connor. 1992. Development. Pp. 104-128, en: Loomis, R.S. y S.J. Connor (eds.). Crop ecology: productivity and management in agriculture systems. Cambridge University Press, Nueva York.
- O'GORMAN, H. 1963. Pp. 140, en: O'Gorman, H. (ed.). Plantas y flores de México. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- OPLER, P. A.; G. W. FRANKIE Y H. G. BAKER. Rainfall as a factor in the release, timing and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *Journal of Biogeography*, **3**: 231-236.
- RATHCKE B. Y E. P. LACEY. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **16**: 179-214.
- RUITTERS, C.; B. MCKENZIE Y L. M. RAITT. 1993. Seasonal allocation of biomass and resources in the geophytic species *Haemanthus pubescens* subspecies *pubescens* in lowland coastal fynbos, South Africa. *South African Journal of Botany*, **59**: 251-258.
- SCHWARTZ, M. D. 2003. Introduction. Pp. 3-7, en: Schwartz, M.D. (ed.). Phenology: An integrative environmental science. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam.

Historia natural y biología reproductiva de la flor del tigre, *Tigridia pavonia* (Iridaceae)

Rebeca Velázquez-López, Zenón Cano-Santana y Xóchitl Damián-Domínguez

Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,

Universidad Nacional Autónoma de México

fikita@gmail.com

Introducción

Tigridia pavonia (L.F.) DC. (Iridaceae) es una planta herbácea de 30 a 150 cm de altura con flores que tienen los segmentos del perianto fusionados a manera de copa, con tépalos de un llamativo color amarillo, púrpura o rojo con marcas claras o pálidas contrastantes (Molseed, 1970). Está ampliamente distribuida en México, pues se le halla en la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental, el Eje Volcánico Transversal, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre de Chiapas (Molseed, 1970) entre los 500 y 3500 m s.n.m. en ambientes arvenses o ruderales (Espejo-Serna y López-Ferrari, 1996). Es utilizada como flor de ornato, como alimento y como medicina por sus propiedades antipiréticas (Vázquez *et al.*, 2001a; Hayden 2002) y se le conoce comúnmente como flor de tigre, cacomit, hierba de la trinidad u oceloxóchitl (Rojo y Rodríguez, 2002). Esta planta se encuentra mencionada en los comentarios botánicos del *Códice Cruz-Badiano* y en el *Códice Florentino* aparece un dibujo hecho por tlacuilos, pero no es sino en la *Historia Natural de la Nueva España* de Francisco Hernández, donde se hace por primera vez la descripción de la planta y sus usos alimentarios y medicinales (Vázquez *et al.*, 2001a). Esta planta mantiene una de las flores más bellas y llamativas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, D.F. (México) (en lo sucesivo REPSA o Reserva del Pedregal). Por sus colores tan atractivos, sufre una extracción de especímenes más o menos frecuente: hemos registrado que en un periodo de un mes se extrajeron 30 bulbos en un parche de su distribución durante el 2007.

Tiene una gran variabilidad morfológica, ya que se han registrado nueve variedades que se diferencian por el color principal de la flor, el color de las manchas, el color del fondo, el número de flores por tallo y el número de frutos fértiles por tallo, entre otros rasgos (Vázquez *et al.*, 2001b). Sus semillas germinan mejor entre los 20 y 25 °C, y tardan en germinar 16.1 días a 20 °C y 19.6 días a 25 °C (Borys *et al.*, 2006). Vázquez *et al.* (2001a) encontraron que el mejor sustrato para cultivo es la materia orgánica (estiércol de equino) y que es útil utilizar el hongo micorrízico *Glomus fasciculatus* Thaxter. También encontraron que las semillas de un año tienen una viabilidad del 70 al 80%, y registran técnicas para su propagación y cuidados. A pesar de toda esta información, su biología floral y sus visitantes florales no han sido descritos, así como su mecanismo de polinización.

Por lo anterior, este estudio pretende conocer el tipo de fecundación de esta planta, su fenología reproductiva, la variación morfológica de sus flores, sus visitantes florales y la variación diurna de éstos.

Materiales y métodos

Especie de estudio

Tigridia pavonia ha sido descrita por Molseed (1970), según se expone a continuación. Tiene flores en cuya base hay una región nectarial; sus nectarios están dentro de un canal formado por el plegamiento de la parte media de los tépalos. Sus filamentos son connatos y las

anteras están libres y presentan dehiscencia longitudinal. Su estilo es filiforme y trifido con las ramas opuestas a los estambres y cada una de las ramas está profundamente dividida en dos brazos, con la parte estigmática en el ápice, y entre cada par de brazos del estilo se encuentra un mucrón. Sus flores duran sólo un día y su fruto es una cápsula trivalvada, de forma subglobosa que contiene semillas piriformes.

Sus óvulos son anátropos, bitégmicos y crasinucleares, y la protección de la semilla madura se ubica en la exotesta, el exotegmen, el endotegmen y el endospermo (Carrillo y Engleman Clark, 2002).

Tipo de fecundación

Para conocer el tipo de fecundación que experimenta *T. pavonia* y su efecto sobre el fruit-set y el seed-set, se desarrolló un experimento del 14 al 20 de agosto del 2007, que constó de seis tratamientos aplicados a 25 flores, los cuales incluyeron:

- (1) autogamia asistida con autopolinización manual y posterior encapuchamiento;
- (2) autogamia natural, sólo con encapuchamiento antes de la apertura de la flor;
- (3) heterogamia activa, llevando a cabo la polinización con una mezcla de polen de diez plantas y encapuchando las flores después;
- (4) agamospermia, con emasculación y encapuchamiento posterior;
- (5) xenogamia, con emasculación y sin encapuchamiento posterior de la flor; y
- (6) polinización abierta, sin manipulación de algún tipo (tratamiento control).

En todos los tratamientos los frutos se encapucharon, las semillas se colectaron y se contaron. Se seleccionaron 10 semillas al azar y se pesaron en una balanza analítica Mettler mod. AE 240.

Se aplicó un análisis de varianza de una vía para determinar el efecto del tratamiento sobre las variables obtenidas con el paquete estadístico SPSS ver. 15.

Fenología reproductiva

Para conocer el comportamiento fenológico reproductivo y la historia natural de la floración de esta especie,

entre el 13 y el 30 de agosto de 2006 y del 24 de julio hasta el 8 de septiembre del 2007 se hizo el seguimiento de la fenología reproductiva de todos los individuos de *T. pavonia* localizados en tres parches ubicados en las inmediaciones del Jardín Botánico Exterior. Además, se hizo la descripción de las fenofases por las que pasaron las estructuras reproductivas en 105 individuos en 2006 y 145 individuos en 2007, llevando a cabo visitas diarias.

Durante estas vistas se pudo registrar el número de flores que produce cada planta durante toda la temporada.

Variación morfológica

Para conocer la variación morfológica de las flores de *T. pavonia* entre julio y octubre de 2007 se hizo una selección de 48 plantas que tenían flores en antesis, a las cuales se les registró las siguientes medidas: diámetro del tallo, diámetro mayor de la planta (d_1) y diámetro perpendicular a éste (d_2) y número de hojas. Se seleccionó una flor de cada planta, a cada una de las cuales se le tomaron las siguientes medidas: longitud de los tres estigmas, longitud del filamento, longitud de las tres anteras, longitud de los tres tépalos interiores y los tres exteriores y diámetro de la corola. Con los datos de diámetro de la planta se calculó su cobertura (*Cob*) con la siguiente fórmula: $Cob = \pi ((d_1 + d_2)/4)^2$.

Visitantes florales y su variación diurna

Para conocer a los visitantes florales de *T. pavonia* en la REPSA, se hicieron colectas con redes aéreas y observaciones de campo de los animales que visitaran sus flores del 24 de julio al 8 de septiembre de 2007. Los organismos colectados fueron guardados en bolsas de papel glassine y depositados en una cámara letal con acetato de etilo. Posteriormente, fueron montados en el laboratorio y se identificaron al nivel más fino posible.

Por otro lado, para determinar los periodos diurnos de actividad de los visitantes florales se seleccionó un parche con más de 30 flores. Entre las 08:00 y las 16:00 h del 15 de agosto de 2007, se registró a cada hora el número de visitantes de cada especie en un periodo de 20 min. El muestreo terminó a las 16:00 h por lluvia.

Resultados

Tipo de fecundación

El fruit-set varió entre 52 y 64% en los tratamientos control, autogamia asistida, autopolinización manual, autogamia natural y heterogamia activa; sin embargo, en los tratamientos de agamospermia y xenogamia no se produjeron frutos (Tabla 1).

Tabla 1. Fruit-set (%) registrado en cada tratamientos de polinización sobre *Tigridia pavonia*. Ver tratamientos en Métodos. $N = 25$.

Tratamiento	Fruit set (%)
Autogamia asistida	60
Autogamia natural	52
Heterogamia activa	64
Agamospermia	0
Xenogamia	0
Control	56

No se encontró un efecto significativo del tratamiento (considerando sólo control, autogamia asistida, autopolinización manual, autogamia natural y heterogamia activa) sobre el número de semillas (seed-set) ($F = 0.334$, g.l.= 3,54, $P = 0.800$). Los frutos produjeron en promedio $91.6 \pm e.e. 0.5$ semillas (intervalo 0-170); sin embargo, el tratamiento sí afectó significativamente el peso de las semillas ($F = 3.47$, g.l.= 3,557, $P < 0.01$). Las semillas obtenidas de las flores sometidas al tratamiento control tuvieron significativamente menor peso que las obtenidas en los tratamientos autogamia asistida, autogamia natural y heterogamia activa (Fig. 1).

Fenología reproductiva

Las fenofases registradas fueron: (a) botón 0, que al tacto se siente hueco, (b) botón 1, que al tacto se siente sólido, (c) botón 2, en el que se observa la porción apical de los tépalos, (d) botón 3, en el que los tépalos están parcialmente extendidos, (e) flor en anthesis, cuando los tépalos están completamente extendidos y los estambres producen polen, (f) flor marchita, cuando los tépalos se contraen, languidece su color y los estambres ya no producen polen, y (g) fruto, desde que los tépalos se desprenden hasta que se dispersan completamente las semillas (Fig. 2).

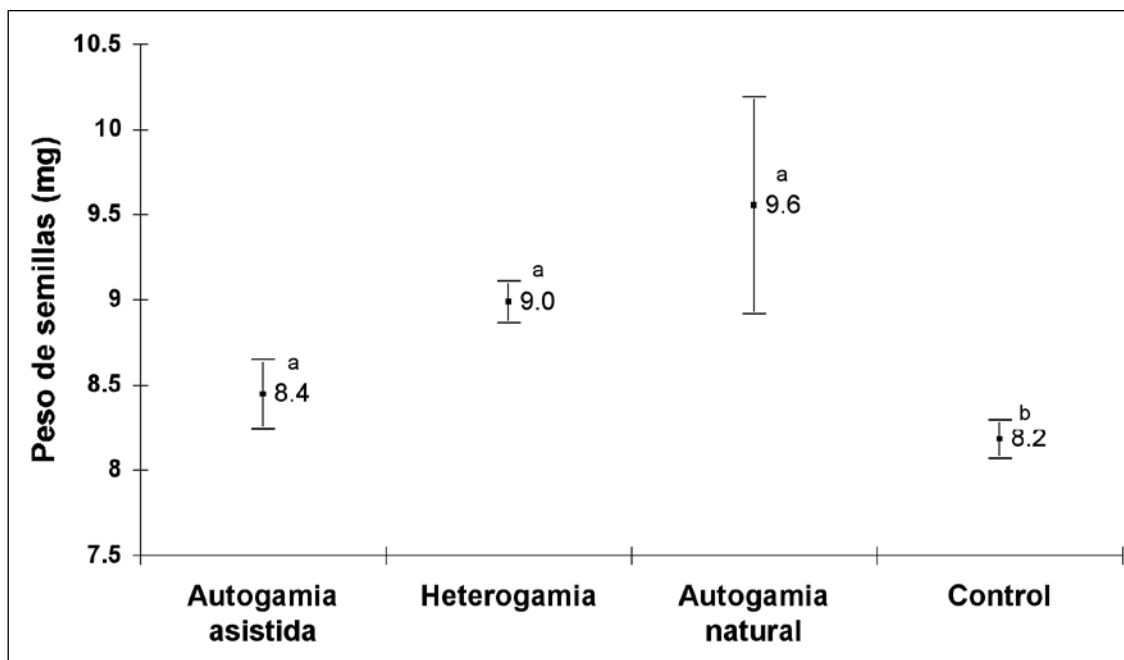


FIG. 1. Peso de las semillas (mg \pm e.e.) de *T. pavonia* provenientes de flores sometidas a cuatro tratamientos de polinización (ver Métodos). Letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de Tukey).

En 2006 los botones se empezaron a registrar desde el 13 hasta el 28 de agosto, las flores se registraron entre el 13 hasta el 29 de agosto y el pico de floración se registró el 20 de agosto (Figs. 3a y 4). En 2007 se registraron botones desde el 24 de julio hasta el 4 de septiembre, las flores en anthesis se registraron desde el 25 de agosto hasta el 7 de septiembre, alcanzando su pico el 22 de agosto, y los frutos se registraron por un periodo de más de tres meses desde el 24 de julio al 8 de enero (Fig. 3b). La dispersión de semillas inició a mediados de octubre.

La flor permanece abierta desde las 7:00 a las 18:00 h y cada planta produjo durante toda la temporada entre cero y nueve flores.

Variación morfológica

Las variables que tuvieron el menor coeficiente de variación fueron la longitud del tépalo interno, la longitud del tépalo externo, la longitud de la antera y la longitud de la columna del filamento, mientras que las registraron mayor coeficiente de variación fueron los rasgos somáticos, como la cobertura, el diámetro del tallo, la altura y el número de hojas, así como la longitud del ovario y del estigma, dentro de los rasgos de las flores (Tabla 2).

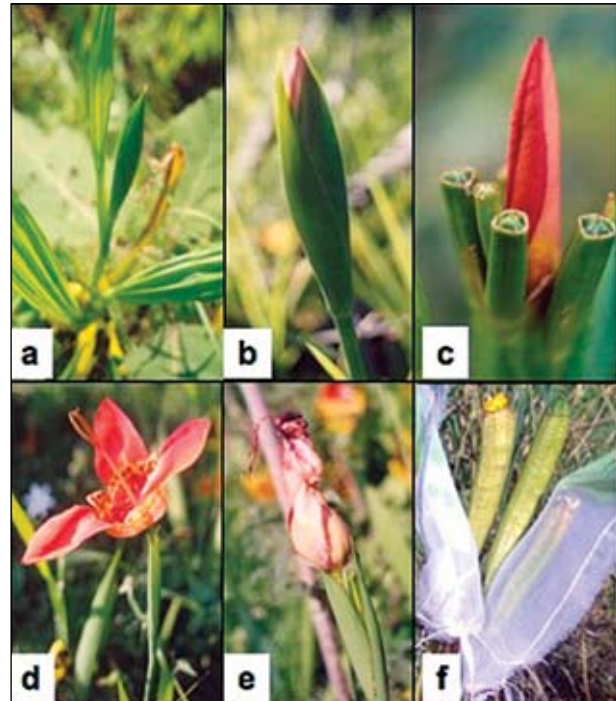
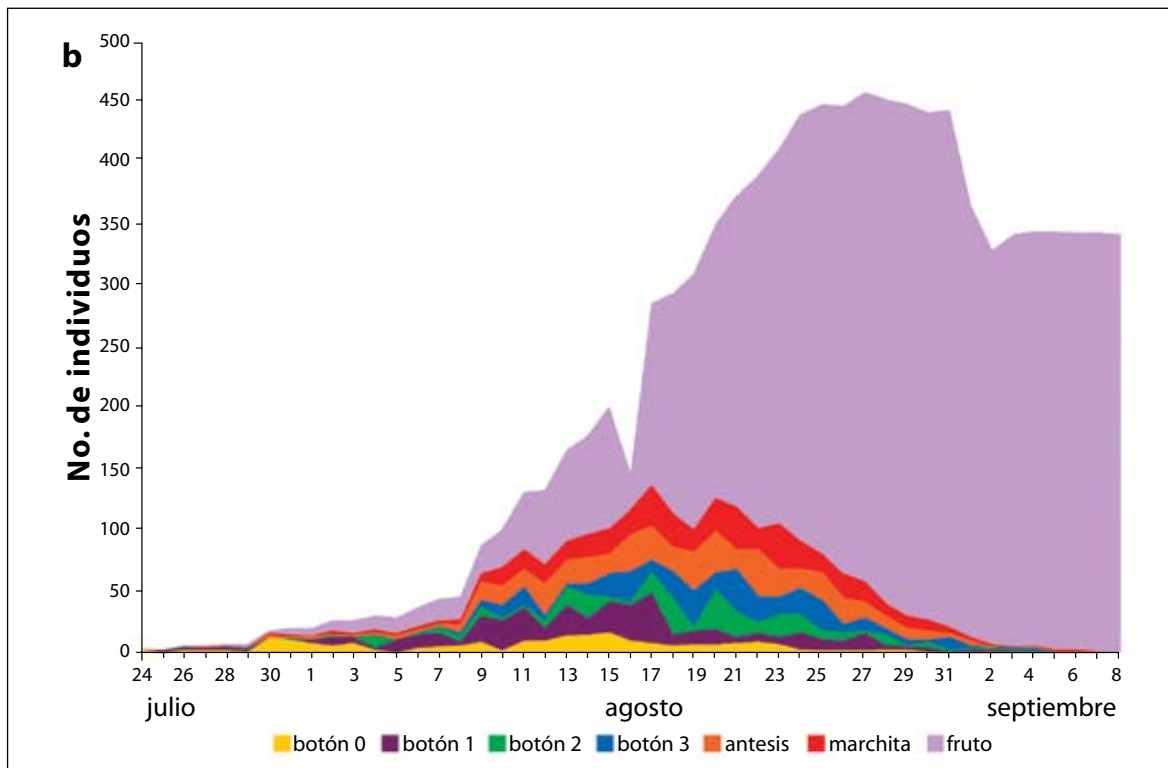
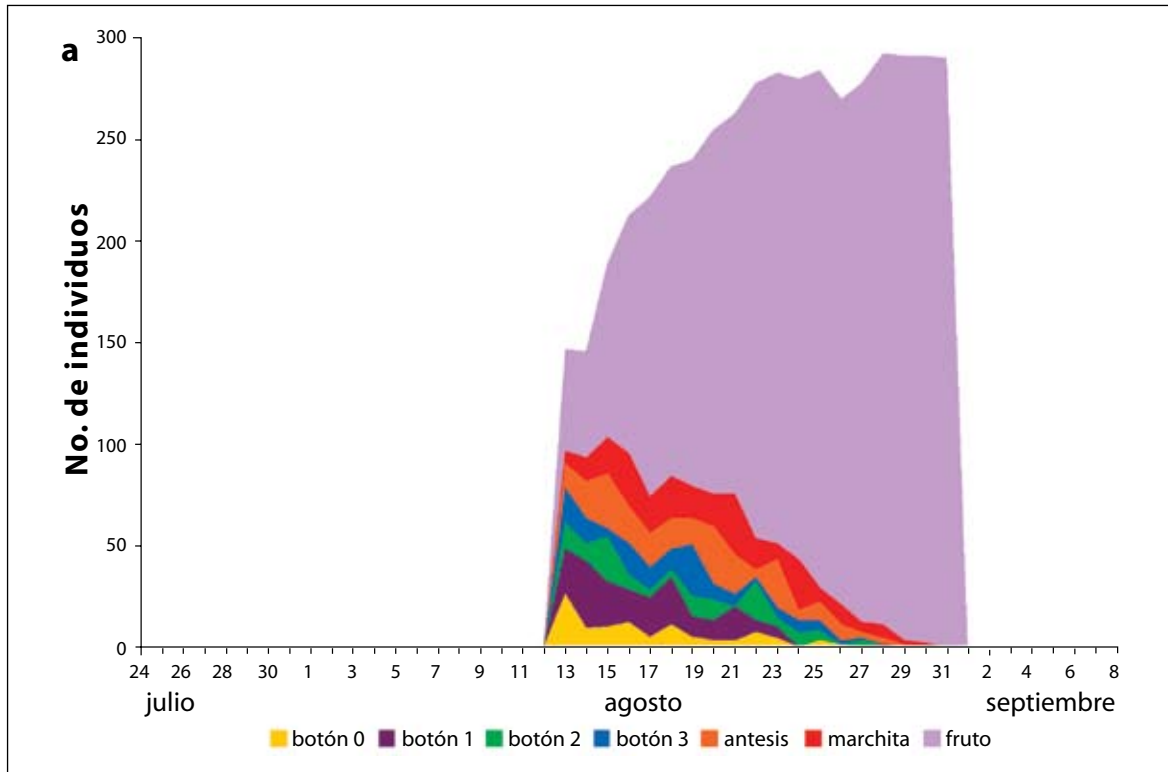


FIG. 2. Aspecto de las estructuras reproductivas de *T. pavonia* en distintas fenofases: (a) botón 0 y 1, (b) botón 2, (c) botón 3, (d) flor en anthesis, (e) flor marchita, y (f) fruto.

Tabla 2. Variación morfológica de caracteres reproductivos y vegetativos de *T. pavonia* y sus flores en la Reserva del Pedregal.

Caracter	Media \pm e.e.	Rango	N	C.V. (%)
Altura (cm)	69.9 \pm 3.7	28-111	48	36.9
No. hojas	4.2 \pm 0.2	2-10	48	33.7
Diámetro del tallo (mm)	8.6 \pm 0.5	0.7-18.9	48	42.9
Longitud del ovario (mm)	17.6 \pm 0.5	1.1-23.2	48	20.3
Longitud tépalo externo (mm)	80.6 \pm 0.8	62.2-98.0	144	12.2
Longitud tépalo interno (mm)	40.8 \pm 0.2	31.1-50.6	144	9.3
Longitud antera (mm)	19.6 \pm 0.2	15.4-23.8	144	9.6
Longitud estigma (mm)	18.2 \pm 0.3	9.1-27.6	144	19.6
Longitud de la columna del filamento (mm)	55.6 \pm 0.8	46.6-66.9	48	10.1
Cobertura (cm ²)	329.4 \pm 22.9	95.0-855.3	48	48.1
Diámetro flor (cm)	19.0 \pm 3.6	6.0-141.3	48	14.8

FIG. 3. Fenología reproductiva de *T. pavonia* en la Reserva del Pedregal. (a) 2006 ($N = 105$ individuos). (b) 2007 ($N = 145$ individuos). Las visitas al campo en 2006 iniciaron el 13 de agosto, mientras en 2007 iniciaron el 24 de julio.



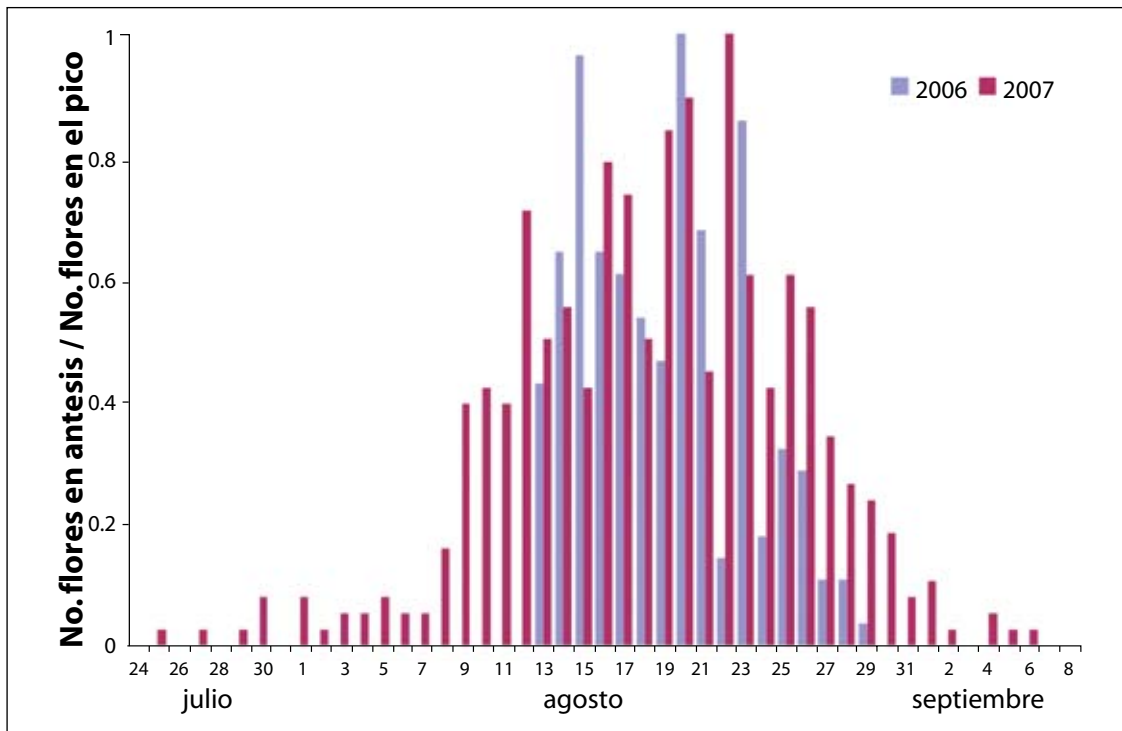


FIG. 4. Número relativo de flores en antesis de *T. pavonia* durante el periodo de estudio. Número de flores en antesis en el pico de floración: 2006: 28, 2007: 38.

Visitantes florales y su variación diurna

Los visitantes registrados incluyen insectos de cinco órdenes: una morfoespecie de coleóptero de la familia Bruchidae que se alimenta de néctar, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), que es nectarívora y su probable polinizador principal, *Dialictus* sp. (Hymenoptera: Apidae), el chapulín *Sphenarium purpurascens* Charpentier (Orthoptera: Pyrgomorphidae), que se alimenta de los tejidos florales, una especie de hemíptero no identificada que probablemente es fitófaga y los lepidópteros diurnos *Pterorus multicaudata* Kirby (Papilionidae), *Callophrys xami* Reakirt (Lycaenidae), *Phoebis sennae eubule* Linnaeus y *P. philea* Linnaeus (Pieridae), y un colibrí del género *Selasphorus* (Apodiformes: Trochilidae). Se observó que sólo *A. mellifera* lleva a cabo polinización activa, aunque también se alimenta del polen. Los coleópteros, las mariposas, las moscas y el colibrí pueden considerarse ladrones de néctar, ya que no tocan las anteras durante las visitas a la flor.

El visitante con mayor actividad fue *A. mellifera* con 162 registros, el cual visitó las flores durante todo el

periodo, pero presentando un pico de actividad a las 17:00 h (Fig. 5). El coleóptero de la familia Bruchidae, por su parte, tuvo 98 registros y mantuvo mayor actividad en la tarde entre las 14:00 y las 18:00 h, con un pico a las 17:00 h (Fig. 5). *Sphenarium purpurascens* tuvo diez registros entre las 12:00 y las 17:00 h. *Dialictus* sp. fue registrado entre las 10:00 y las 14:00 h. También se registró una visita de cada uno de los siguientes animales antófilos: una araña (Arachnida: Araneae) (a las 11:20 h), el colibrí *Selasphorus* sp. (a las 11:52 h), una hormiga (Hymenoptera: Formicidae) (a las 12:15 h), *Callophrys xami* (a las 13:06 h), una chinche (Hemiptera) (a las 14:09 h), y una mosca (Diptera) (a las 17:04 h).

Discusión

El peso de las semillas fue significativamente más bajo en el tratamiento control (polinización abierta) lo que significa que esta especie está limitada por polen. A pesar de esta limitación, la especie puede producir semillas por autogamia y su sistema de cruce es mixto. Este tipo de sistema incluye la posibilidad de reproducirse tanto por auto-

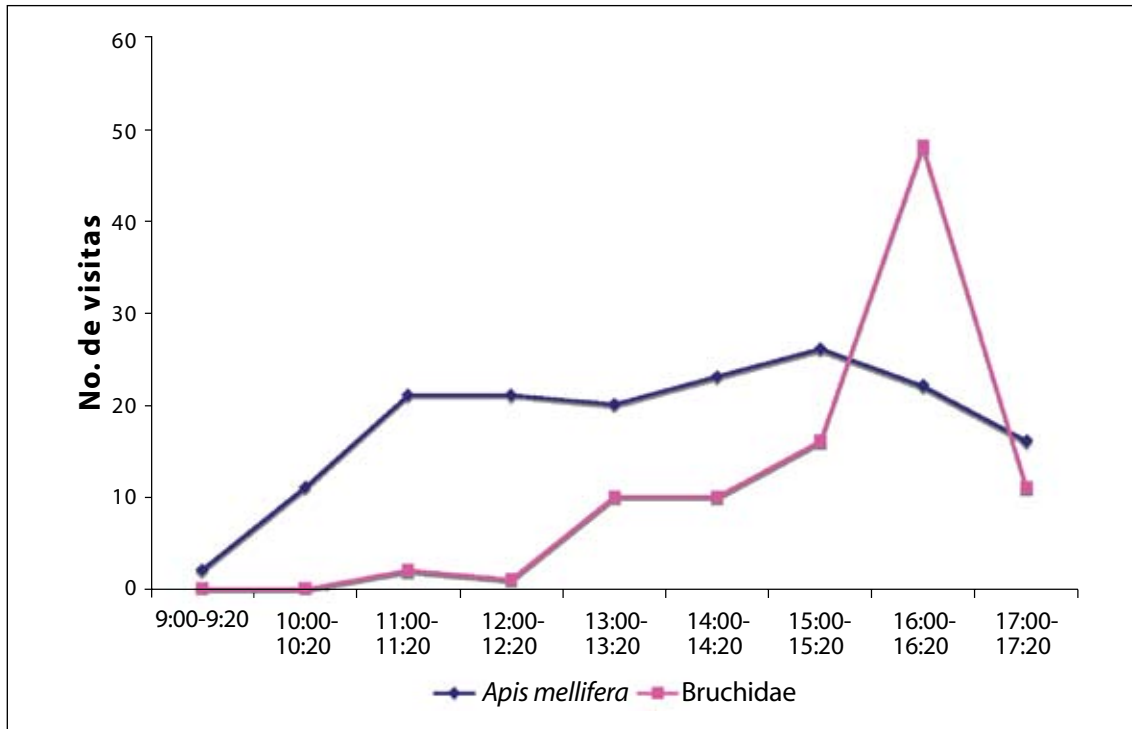


FIG. 5. Variación diurna de los visitantes de *T. pavonia* en la Reserva del Pedregal . Datos del 15 de agosto del 2007.

gamia como por heterogamia. La presencia de este tipo de sistema incrementa la proporción de óvulos fertilizados cuando se presentan condiciones desfavorables, tales como una baja frecuencia de polinizadores o una baja densidad de flores (Lloyd, 1992), este sistema puede ser un estado intermedio entre autogamia completa o heterogamia completa (Porcher y Lande, 2005). Existen diversos factores genéticos y ecológicos que ayudan a mantener esta estrategia, como la presencia de genes recesivos parcialmente deletéreos o la pérdida o reducción de vectores de polen (Goodwillie *et al.*, 2005). En el primer caso la planta puede producir semillas por autogamia sin que haya una reducción severa en su adecuación y, en el segundo, la planta sale beneficiada si se reproduce por autogamia. Esto está relacionado con el hecho de que la mayoría de visitantes, exceptuando a *A. mellifera*, no lleva a cabo un transporte de polen, sino que acuden a la planta en busca de néctar (como los coleópteros, las moscas, las mariposas y los colibríes), tejidos florales (como *S. purpurascens*), presas (como las arañas) o sitios de reposo (hormigas y chinches). Es posible que dada la diversidad de visitantes a las flores de *T. pavonia* se pueda realizar una polinización accidental. En este contexto, la producción de semillas por

polinización cruzada confiere variabilidad genética a la progenie, mientras que las semillas producidas por autogamia mantienen características fenotípicas favorables y disminuyen el costo de producir polen y óvulos en condiciones de baja disponibilidad de polinizadores.

Según Rodríguez *et al.* (2003) la variación en color, tamaño y forma del perianto en las especies de *Tigridia* indican que la adaptación a los polinizadores ha sido un factor importante en su diversificación ya que la arquitectura de las plantas de este género es muy compleja. En este trabajo se encontraron flores de mayor tamaño al reportado en la literatura que es de 10 a 15 cm de diámetro (Rzedowski y Rzedowski, 2005). Es posible que la edad de la planta y los recursos almacenados puedan influir en el tamaño de la flor producida.

Tigridia pavonia produce flores muy grandes que sólo duran un día, por lo que se puede suponer que la inversión de recursos es muy alta, y que la producción de polen y néctar restringe su duración (Bodil y Jens, 2004).

Esta planta en 2007 registró su pico de floración entre el 9 y el 30 de agosto, pero mantiene la producción de flores antes y después de este periodo alargando la temporada reproductiva. Este resultado es distinto al registrado por Rojo y Rodríguez (2002), quienes reportan que esta planta florece de septiembre a noviembre.

Aún falta conocer muchos aspectos de la biología de *T. pavonia* y las poblaciones silvestres asentadas en la Reserva del Pedregal pueden ofrecernos un sistema de estudio ideal para ello. Sin embargo, es necesario proteger sus poblaciones del significativo saqueo al que son sujetas.

Agradecimientos

Agradecemos a Daniel Velázquez López, Luisa Alejandra Domínguez Álvarez y María José López Gurrusquieta por su ayuda en el trabajo de campo. A la Dra. María del Carmen Mandujano Sánchez por la asesoría en el diseño experimental. Al Act. Martín Hernández Quiroz por su gran colaboración en el análisis de datos. Finalmente, le agradecemos a la Dra. Marcela López Cabrera y al Dr. David Velázquez Martínez por todo su apoyo.

Literatura citada

- BODIL, E. Y O. JENS. 2004. Flower production in relation to individual plant age and leaf production among different patches of *Corydalis intermedia*. *Plant Ecology*. **174**(1): 71-78.
- BORYS, M. W., H. LESZCZYNSKA-BORYS Y J. GALVÁN. 2006. Germinación de semillas en función de temperaturas de especies mexicanas con potencial ornamental. Pp. 24-32, en: Vázquez García, L.M. (ed.). Recursos genéticos ornamentales de México (Avances). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
- CARRILLO O., A. Y M. ENGLEMAN CLARK E. 2002. Anatomía de la semilla de *Tigridia pavonia* (Iridaceae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. **70**: 67-77.
- ESPEJO-SERNA, A. Y A. R. LÓPEZ-FERRARI. 1996. Comentarios florísticos ecológicos sobre las iridáceas mexicanas. *Acta Botanica Mexicana*. **34**: 25-47.
- GOODWILLIE, C., S. KALISZ Y C. G. ECKERT. 2005. The evolutionary enigma of mixed mating systems in plants: Occurrence, theoretical explanations, and empirical evidence. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*. **36**: 47-79
- HAYDEN, D. 2002. Jardines botánicos prehispánicos. *Arqueología Mexicana*, **10**(57): 18-23.
- LLOYD, D. G. 1992. Self- and cross-fertilization in plants. II. The selection of self-fertilization. *International Journal of Plant Science*. **153**: 358-369.
- MOLSEED, E. 1970. The genus *Tigridia* (Iridaceae) of Mexico and Central America. University of California, Berkeley.
- POCHER, E. Y R. LANDE. 2005. The evolution of self-fertilization and inbreeding depression under pollen discounting and pollen limitation. *Journal of Evolutionary Biology*. **18**: 497-508
- RZEDOWSKI, G. C. Y J. RZEDOWSKI. 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto Nacional de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro.
- RODRÍGUEZ A., L. ORTIZ-CATEDRAL Y E. HEATON. 2003. Tres nuevas localidades de tigrídias endémicas de México *Tigridia bicolor*, *T. matudae* y *T. vanhouttei* ssp. *Roldanii*. *Acta Botanica Mexicana*. **62**: 1-8
- ROJO, A. Y J. RODRÍGUEZ. 2002. La flora del Pedregal de San Ángel. Instituto Nacional de Ecología, México.
- VÁZQUEZ G., L. M., T. H. NORMAN M. Y M. DEL C. CORONA R. 2001a. Oceloxóchitl *Tigridia pavonia* (L.F.) DC. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca. 69 pp.
- VÁZQUEZ G., L. M., A. A. PRZYBYLA, E. DE LA CRUZ T., H. NAVARRO Y G. TORRES R. 2001b. Morphological description of nine botanical varieties of *Tigridia pavonia*. *Journal of Applied Botany*. **75**(1): 14-19

Historia natural y ecología de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae)

Iván Castellanos-Vargas y Zenón Cano-Santana

Grupo de Ecología de Artrópodos Terrestres,
Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de México
icv@ciencias.unam.mx

Introducción

Sphenarium purpurascens Charpertier (Orthoptera: Pyrgomorphidae) es un saltamontes emblemático de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. En este sitio es el artrópodo más abundante durante la temporada de lluvias y por esta razón es un animal importante en este ecosistema. Gracias a su alta capacidad para mantenerse en condiciones de laboratorio, ha conformado un excelente modelo de estudio con los más diversos enfoques ecológicos. En este capítulo se expone una revisión sintética y actualizada de su historia natural y ecología, tomando como base la literatura que se ha escrito a la fecha en la Reserva.

Posición taxonómica y distribución geográfica

Pyrgomorphidae es una de las familias comprendidas dentro de la superfamilia Pamphagoidea del suborden Caelifera y sus primeros registros fósiles datan del Cretácico temprano (Kevan, 1977a; 1977b). En el continente americano, la familia está representada por cuatro tribus de ortópteros exclusivamente tropicales, una de ellas es Sphenariini que comprende a la subtribu Sphenariina en la cual está asentada la especie *Sphenarium purpurascens* descrita en 1842 por Charpentier (Navarro-Nava, 1999). El género *Sphenarium* fue estudiado por Bolívar (1909) en un compendio donde erróneamente se le consideró como un acridido. Actualmente, comprende cerca de una docena de especies o morfos muy

relacionados (Márquez-Mayaúdon, 1962), cuya identificación (incluso a nivel de subespecie) es muy compleja, debido a la intrincada variación morfológica local y regional que ostenta (I. Castellanos, obs. pers.).

En México es el ortóptero más abundante y presenta una distribución geográfica muy amplia que comprende el centro, sur y occidente en estados como Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Morelos, Distrito Federal, Estado de México, Chiapas y Tabasco (Márquez-Mayaúdon, 1962, 1968; Navarro-Nava, 1999; CESAVEH, 2004). Comúnmente se conoce como “saltamontes” o “chapulín de la milpa” ya que es abundante en agroecosistemas donde se cultiva maíz (Serrano-Limón y Ramos-Elorduy, 1989; Navarro-Nava, 1999; CESAVEH, 2004).

Morfología

Sphenarium purpurascens tiene la cabeza triangular, presenta un fastigio cefálico simétricamente dividido por una línea media, su cuerpo es robusto y fusiforme; el pronoto es convexo y tiene forma de silla de montar, éste presenta una fina quilla longitudinal y muestra alas vestigiales que llegan a alcanzar los tímpanos del primer segmento abdominal (CESAVEH, 2004). Los adultos presentan un marcado dimorfismo sexual, generalmente las hembras son más grandes, robustas y corpulentas. En ellas la cabeza es más grande, las antenas más cortas y los ojos más pequeños; también presentan un meso y metanoto más anchos y los fémora de las patas son más delgados (Cueva del Castillo, 1994). Los machos pueden

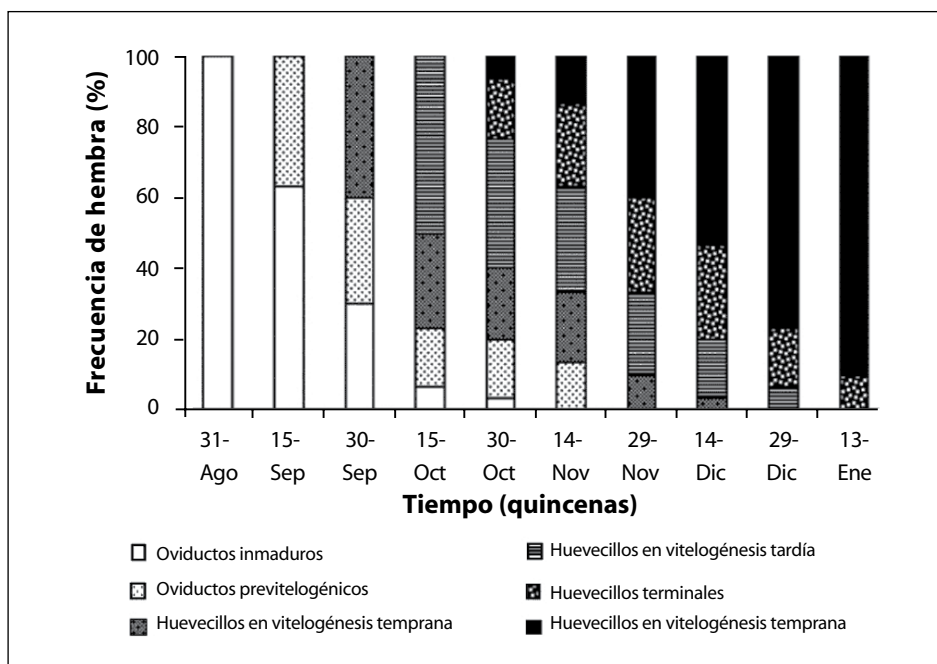


FIG. 1. Fenología del desarrollo de los huevecillos de *Sphenarium purpurascens* en la Reserva del Pedregal. N = 30 hembras sacrificadas y revisadas cada quince días. El periodo de oviposición inicia a finales de octubre y se puede extender hasta la primera quincena de enero. Tomada de Castellanos-Vargas (2001).

mostrar variaciones de la forma del abdomen, algunas veces éste es más elongado, y se pueden confundir con hembras (R. Cueva del Castillo, com. pers.). El aparato ovipositor ocupa el extremo distal del abdomen de las hembras y está conformado por cuatro valvas diminutas que tienen forma de tenazas muy esclerosadas cubiertas con abundantes sensilas mecano y quimiorreceptoras (Castellanos-Vargas, 2001; 2003).

La especie presenta variación en la coloración corporal aparentemente como una respuesta al tipo de vegetación en donde los individuos se desarrollan y forrajean, ésta puede ser: verde, negra, gris o café (Cueva del Castillo, 1994; Cueva del Castillo y Cano-Santana, 2001).

Ciclo de vida y oviposición

Sphenarium purpurascens es una especie univoltina. En la Reserva del Pedregal cumple su ciclo de vida en 252.4 días en promedio (Serrano-Limón y Ramos-Elorduy, 1989). Es un insecto paurometábolo que presenta cinco estadios de desarrollo; las ninfas eclosionan a fines de mayo y principios de junio, en tanto que los adultos

aparecen en forma gradual a partir de agosto y todos mueren entre diciembre y enero (Márquez-Mayaudón, 1968; Cano-Santana y Oyama, 1992). Los estadios ninfales pueden ser reconocidos por el tamaño del cuerpo y de la cabeza; la longevidad de los adultos es de aproximadamente 86.4 ± 1.3 días (Serrano-Limón y Ramos-Elorduy, 1989; Cano-Santana, 1994; 1997).

La maduración de sus huevecillos comprende seis etapas: oviductos inmaduros, oviductos previtelogénicos, huevecillos en vitelogénesis temprana, huevecillos en vitelogénesis tardía, huevecillos terminales y huevecillos ovipositables (Fig. 1); el proceso de maduración les toma aproximadamente cinco meses (de mediados de septiembre a mediados de enero) (Castellanos-Vargas, 2001). Se ha registrado que los ovarios y los huevecillos modifican su coloración y gradualmente incrementan su tamaño conforme se acerca el momento de la oviposición (Tabla 1). Las hembras pueden poner hasta dos ootecas (o vainas) con 35 huevecillos en promedio (intervalo: 10 a 55) a una profundidad de entre 1.5 y 3 cm (Camacho-Castillo, 1999; Castellanos-Vargas, 2001). Éstas son estructuras formadas por las secreciones

Tabla 1. Etapas de maduración de los ovarios y huevecillos de las hembras de *Sphenarium purpurascens* de la Reserva del Pedregal. N = 300 hembras sacrificadas y revisadas del 31 de agosto de 1999 al 13 de enero de 2000. Datos de Castellanos-Vargas (2001).

Etapa	Duración (en días)	Tamaño (mm)		Coloración	Estado fisiológico
		ovarios	huevecillos		
Oviductos inmaduros vacíos	16	< 2.5	n.d.1	Blanquecina aperlado	Inmaduros, sin fecundar
Oviductos previtelogénicos	60	2.5 a 4.0	n.d.	Amarillenta aperlada	Inmaduros, sin fecundar
Huevecillos en vitelogénesis temprana	76	5.0 a 7.1	1.5 a 2.3	Amarillo intenso brillante	¿Inmaduros?, ¿sin fecundar?
Huevecillos en vitelogénesis tardía	76	7.2 a 8.5	2.4 a 2.9	Amarillo intenso brillante	Maduros, fecundados
Huevecillos terminales	76	> 8.6	3.0 a 4.5	Anaranjada a rojizo	Fecundados, ¿sin diapausa?
Huevecillos ovipositables	76	> 8.6	4.6 a 5.0	Café hialina a oscura	Fecundados, ¿con diapausa?

1n.d. = no detectado.

mucosas de las glándulas accesorias que, al tocar las partículas del suelo conforman las paredes, así como un tapón esponjoso apical inconspicuo (Castellanos-Vargas, 2001; Marín-Jarillo *et al.*, 2006). Los huevecillos se caracterizan por presentar una morfología semejante a la de un grano de arroz oblicuo, los extremos son medianamente aguzados, con terminación roma y coloración café oscura (Castellanos-Vargas, 2001; Marín-Jarillo *et al.*, 2006). Las ootecas permanecen en el suelo por más de cinco meses donde soportan cambios de temperatura extremos, así como la deshidratación por sequía (Castellanos-Vargas, 2001).

En la Reserva del Pedregal se ha demostrado que las hembras ovipositan preferencialmente en sitios con topografía plana que ostentan un estrato vegetal herbáceo dominado por pastos como *Muhlenbergia robusta* y *Pennisetum clandestinum*. Castellanos-Vargas (2001) registró en los sitios dominados por *M. robusta* una densidad de ootecas de 5.6/m² (195.2 huevecillos/m²), las cuales se distribuyen de manera aleatoria. Asimismo, este autor determinó que las hembras al ovipositar evaden la presencia de las plantas perennes.

Por otro parte, en los sitios perturbados, donde domina *P. clandestinum* la densidad de ootecas fue de 4.6/m² (185.4 huevecillos/m²), en estos sitios las hembras depositan ootecas de mayor volumen con huevos significativamente más grandes que las que lo hacen en los hoyos y en las grietas (Tabla 2). En estos sitios, el patrón de distribución espacial de las ootecas es agregado y se localizan entre los rizomas de este pasto. El peso de las ootecas entre ambos pastizales no varió significativamente sin embargo, estos valores fueron más altos en comparación con las de los sitios con topografía abrupta y fisonomía cerrada (grietas y hoyos) (Tabla 2). En condiciones de laboratorio Castellanos-Vargas (2001) demostró que las hembras de *S. purpurascens* prefirieron ovipositar en suelos cuyos diámetros de partículas se encontraban entre 0.07 y 0.2 mm, lo cual corresponde al intervalo de arena fina, asimismo evadieron suelos con fracciones de partículas menores a 0.004 mm. Este autor señala que la característica edáfica que resultó como el mejor predictor del uso del suelo para la oviposición fue el porcentaje de arcilla, seguida en orden de importancia por la compactación y el porcentaje de arena. Las características edáficas que las hembras de

Tabla 2. Comparación de las de ootecas y los huevecillos de *Sphenarium purpurascens* en cuatro tipos de sitios contrastantes: M = sitios planos conservados con *Muhlenbergia robusta*, P = sitios planos perturbados con *Pennisetum clandestinum*, H = hoyos y G = grietas; éstos últimos con *Eupatorium petiolare* y *Dodonaea viscosa*. Valores promedio \pm error estándar, Los valores entre paréntesis denotan el intervalo. Las letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey con $P < 0.05$.

Hábitats	Peso ooteca (mg)	Volumen ooteca (cm ³)	Huevecillos/ooteca	Longitud huevecillos (mm)
M	92.5 \pm 6.7 ^a (91.5-93.5)	0.35 \pm 0.02 ^b (0.25-0.45)	34.8 \pm 1.7 ^a (30-39)	4.3 \pm 0.2 ^b (3.9-4.5)
P	114.6 \pm 8.1 ^a (98-115)	0.56 \pm 0.04 ^a (0.55-0.56)	40.3 \pm 1.6 ^a (37-41)	5.1 \pm 0.6 ^a (5.1-5.3)
H	50.1 \pm 14.0 ^b (45-55)	0.28 \pm 0.04 ^c (0.23-0.27)	23.2 \pm 12.1 ^b (18-25)	4.2 \pm 0.4 ^b (4.0-4.5)
G	48.0 \pm 1.9 ^c (43-51)	0.26 \pm 0.07 ^c (0.23-0.29)	13.3 \pm 7.3 ^c (10-17)	2.6 \pm 0.4 ^c (2.5-2.7)

S. purpurascens eligen para ovipositar son: alta porosidad (del 30 al 32%), predominancia de arenas (del 30 al 31%), baja humedad (de entre 0 al 30%) y baja compactación (0.44 ± 0.12 kg/cm²). Además, evaden la presencia de altos porcentajes de arcilla (> 19.6%), así como altos niveles de humedad (> 25.5%), de materia orgánica (> 15.5%) y de compactación (> 0.56 ± 0.16 kg/cm²). Los sitios preferidos por las hembras para ovipositar son los planos y abiertos con predominancia de pastos y hierbas anuales.

Ecología conductual y evolutiva

Sphenarium purpurascens ha sido un excelente modelo para la realización de estudios de ecología conductual y evolutiva. Las ninfas y los adultos despliegan movimientos muy aletargados al amanecer, y su actividad se incrementa hacia el medio día y decrece hacia el atardecer (Serrano-Limón y Ramos-Elorduy, 1989). En días muy nublados y fríos tiende a descender de la vegetación y permanece en las base de las plantas y, al incrementarse la temperatura, asciende por los tallos y se postra sobre las hojas. En las mañanas, las ninfas de los primeros cinco estadios suelen agregarse sobre la vegetación herbácea en zonas soleadas (I. Castellanos, obs. pers.); mientras que por su parte, la distribución de los adultos sobre los arbustos es prácticamente uniforme (Serrano-Limón y Ramos-Elorduy, 1989). Las especies vegetales empleadas para su termorregulación,

apareamiento y protección son: *Opuntia tomentosa*, *Manfreda scabra* y *Muhlenbergia robusta*. Mendoza y Tovar (1996) sugieren que al acercarse el invierno, las preferencias de asentamiento de los adultos sobre estas especies es motivada por la disminución en la disponibilidad de plantas anuales.

La capacidad de movimiento de *S. purpurascens* se incrementa conforme transcurre su desarrollo. Las ninfas de 2° estadio registran un desplazamiento de 0.4 m/día, en tanto que los adultos lo hacen a razón de 1.2 m/día (Camacho-Castillo, 1999). Las ninfas se alimentan preferencialmente en los sitios planos y abiertos; y en el verano al avanzar la temporada de lluvias, éstas no se mueven hacia los sitios abruptos y cerrados. Consistentemente, los adultos prefieren alimentarse en sitios con vegetación fresca y, hacia el final de la estación de lluvias al acercarse el otoño, se mueven a los sitios abruptos y cerrados donde dominan especies vegetales perennes de las cuales se alimentan.

En los trabajos de Cueva del Castillo (1994; 2000) y Cueva del Castillo *et al.* (1999) se describió la conducta de apareamiento, donde destaca el reporte de una conducta de rechazo por parte de las hembras jóvenes hacia los machos, una conducta de resguardo post-cópula de los machos y la presencia de conductas agresivas de desplazamiento entre los machos por el acceso a las hembras.

Su conducta de forrajeo implica despliegues altamente selectivos sobre la vegetación de la Reserva del Pedregal. Este insecto se desplaza activamente buscando y eligiendo su alimento que se compone de por lo menos 43 especies de plantas entre las que se encuentran *Eupatorium petiolare*, *Dahlia coccinea*, *Montanoa tomentosa*, *Gnaphalium brachypterum*, *Senecio praecox*, *Stevia ovata* y *Verbesina virgata*, así como *Buddleia cordata* y *B. parviflora* (Cano-Santana, 1994; Cano-Santana y Oyama, 1992; 1994; Mendoza y Tovar, 1996; Anaya-Merchant, 1999).

Por su parte, Castellanos-Vargas (2001) describió seis etapas relacionadas con la conducta de oviposición. Las hembras entran a una etapa indagatoria seguida de una etapa exploratoria del suelo con las antenas; posteriormente, llevan a cabo movimientos peristálticos del abdomen y del ovipositor que suceden previamente a una fase exploratoria del suelo con el ovipositor. La hembra prosigue con actividades de excavación y, finalmente, lleva a cabo hasta 17 intentos de oviposición para depositar una ooteca. Castellanos-Vargas (2003) confirmó que los principales órganos sensoriales involucrados en la selección del sitio de oviposición son las antenas y el ovipositor al destacar una importante presencia de sedas mecano y quimiorreceptoras sensibles a la textura, compactación, humedad y posiblemente, al pH y la salinidad del sustrato.

Por otra parte, se ha reportado que los machos de esta especie son protándricos, y aquéllos con los fémora más robustos y alargados, así como los que poseen el tórax más robusto, son los que ostentan un mayor éxito al momento de conformar parejas (Cueva del Castillo *et al.*, 1999; Galicia-Mendoza, 2002). En contraste con estos rasgos, la estrategia que las hembras utilizan para optimizar su adecuación es copular a temprana edad, con alta frecuencia y con la mayor cantidad de machos diferentes. Se ha sugerido que mediante estos mecanismos, las hembras aminoran las probabilidades de morir sin haber consolidado su evento reproductivo, asimismo, garantizan la fecundación total de sus huevecillos y logran alta variabilidad genética en su descendencia (Cueva del Castillo y Núñez-Farfán, 2002; Cueva del Castillo, 2003). Para comprender su ecología evolutiva, recientemente se ha sugerido que la expresión de algunas características importantes tales como la coloración, el tamaño corporal y el tiempo de desarrollo, pueden ser

explicados por plasticidad fenotípica, que se refiere a la capacidad del genotipo para expresar fenotipos diametralmente opuestos como una respuesta ante la heterogeneidad, las variaciones temporales estacionales y las restricciones que el ambiente ofrece (Cueva del Castillo, 2000; Moreno-García; 2002).

La selección sexual que las hembras ejercen sobre los machos puede promover la existencia de diferencias significativas sobre el dimorfismo del largo y ancho del tórax, el largo del fémur III y el ancho del fémur I (Galicia-Mendoza, 2002). Se ha registrado una asociación directa entre la magnitud de la selección sexual por parte de las hembras y el largo promedio del fémur III y del tórax de los machos; asimismo, destaca una relación lineal negativa entre la magnitud de la selección y la varianza fenotípica de la longitud del fémur II, el largo del tórax y la anchura del fémur I.

Por su parte, Garza-López y Cueva del Castillo (2006) han evidenciado que los machos, al formar parejas y copular, no fueron capaces de discriminar entre hembras vírgenes y aquellas con experiencia reproductiva previa. Sin embargo, sus resultados apuntan a una preferencia de los machos por copular por períodos más prolongados con las hembras que ya se habían apareado previamente. Estos autores sugieren que los machos no son capaces de detectar la presencia de esperma previamente depositado en el tracto reproductivo de las hembras. Una razón de esto es que el esperma posee a una alta tasa de absorción en el tracto y no se descarta que este factor también promueva la permanencia prolongada de los machos en conducta de resguardo post-copulatoria (Cueva del Castillo, 2003; Garza-López y Cueva del Castillo, 2006). Finalmente, estos autores han sugerido que la elección de pareja por parte de los machos puede estar relacionada con la maduración diferencial de los huevecillos en los ovarios, prefiriendo a aquellas que los posean listos para la fecundación.

Ecología de poblaciones

Estudios realizados sobre la demografía de *S. purpurascens* indican que la población es muy poco afectada por la heterogeneidad espacial que ofrece la Reserva del Pedregal (Camacho-Castillo, 1999). La fecundidad, la densidad de huevecillos, la densidad máxima de ninfas, la

Tabla 3. Parámetros demográficos evaluados en la población de *Sphenarium purpurascens* en sitios con topografía y fisonomía contrastante de la Reserva del Pedregal. Los datos de dispersión son errores estándar. Tomado de Camacho-Castillo (1999).

Parámetro	Topografía (Fisonomía)	
	planos (abiertos)	abruptos (cerrados)
Fecundidad (número de huevecillos)	95	95
Densidad de huevecillos (m ⁻²) en 1996	78.4 ± 22.8	66.9 ± 21.0
Densidad de huevecillos (m ⁻²) en 1997	80.8 ± 25.3	61.6 ± 22.4
Densidad máxima de ninfas (m ⁻²)	10.7 ± 1.93	10.9 ± 1.72
Tasa de reclutamiento (ninfas m ⁻² día ⁻¹)	0.35	1.50
R ₀	1.03	0.92
Período eclosión cohorte temprana	27 mayo al 14 junio	27 mayo al 14 junio
Período eclosión cohorte tardía	5 al 19 julio	5 al 19 julio

tasa reproductiva neta (R_0), los periodos de eclosión y la tasa de mortalidad no registraron diferencias significativas entre los sitios con topografía y fisonomía contrastantes (Tabla 3). La especie posee dos periodos para el reclutamiento de las ninfas, las “tempranas” nacen hacia finales de mayo, en tanto que las “tardías” lo hacen hasta la segunda quincena de julio y existe una mayor tasa de reclutamiento en los sitios con topografía abrupta y fisonomía cerrada en contraste con los sitios planos y abiertos (Camacho-Castillo, 1999; Tabla 3).

Camacho-Castillo (2005) analizó la relación entre la fecha de eclosión (temprana/tardía) sobre la supervivencia, el desarrollo ninfal, el tamaño final de los adultos y la fecundidad de las hembras. Los resultados mostraron que las ninfas “temprana” de los estadios 2, 3 y 4 tuvieron un desarrollo más acelerado con respecto a las ninfas tardías (hasta 19 días menos en promedio). Como consecuencia de esto, las ninfas tempranas obtuvieron una mayor ganancia de peso y una longitud de fémur III 10% más grande y robusto que las tardías. Adicionalmente, la fecundidad también varió significativamente entre ambas cohortes, las hembras que eclosionaron tempranamente produjeron el doble de huevecillos que las hembras tardías. Con estas evidencias Camacho-Castillo (2005) concluyó que los atributos demográficos y la dinámica poblacional de *S. purpurascens* en la Reserva

del Pedregal son fuertemente afectados por los cambios estacionales que modifican la disponibilidad de alimento. Por su parte, Juárez-Orozco (2005) encontró que los incendios afectan a las poblaciones de este insecto, no solamente por la destrucción del hábitat que implica quemar la vegetación, sino que el fuego también es capaz de calcinar los huevecillos aun estando enterrados en el suelo. Este hecho propicia que la eclosión de saltamontes en los sitios quemados sea nula y se pierda un importante peldaño trófico del ecosistema de la Reserva.

Interacciones bióticas

Sphenarium purpurascens es considerado como el herbívoro más importante en la Reserva del Pedregal, debido al gran tamaño que alcanzan sus poblaciones. En julio de 1990 y 1991 se observaron 22.0 y 22.8 ind/m², respectivamente (Cano-Santana, 1994). Durante julio de 1991 representó el 52.4% de la biomasa seca total de artrópodos epífitos y este valor se incrementó al 95% en octubre del mismo año (Rios-Casanova, 1993; Rios-Casanova y Cano-Santana, 1994).

Este insecto es responsable de los altos niveles de daños florales y foliares que experimentan varias plantas como resultado de su actividad alimentaria. Por ejemplo, se determinó que en un periodo de 40 días, los niveles de

remoción floral fueron de un 9.9% en *Montanoa tomentosa* y hasta un 29.5% en *Salvia mexicana* (Oyama *et al.*, 1994). Asimismo, sus altas preferencias hacia cabezuelas de *Cosmos bipinnatus*, *Dahlia coccinea* y *Verbesina virgata* abaten el potencial reproductivo de estas especies (Figueroa-Castro, 1997; Anaya-Merchant, 1999).

Consistentemente, durante la época de lluvias este insecto constituye un abundante recurso alimentario para mamíferos, entre los que destacan tlacuaches, cacomixtles y roedores (Z. Cano-Santana, obs. pers.); así como aves, lagartijas y al menos dos especies de arañas, entre las que se encuentran *Neoscona oaxacensis* (Araneidae) (Martínez-Jasso, 2002; Cecaíra-Ricoy, 2004) y *Peucetia viridans* (Oxyopidae) (I. Castellanos, obs. pers.). Finalmente, y a diferencia de otras localidades donde esta presente, en la Reserva del Pedregal no se ha documentado la presencia de parásitos ni parasitoides que lo empleen como hospedero.

***Sphenarium purpurascens* en la comunidad de ortópteros**

La comunidad biótica de la Reserva del Pedregal recibe influencia de especies procedentes de los reinos Neártico y Neotropical. Hasta el momento, se desconoce cuántas especies o subespecies de ortópteros pueden ser exclusivas de nuestro país y cuántas lo fueron del Pedregal original. Los ortopteroides son uno de los grupos más diversos; se han descrito 600 especies de Orthoptera, 80 de Phasmatodea y 60 de Mantodea; se espera que en pocos años se conozcan más de 1000 especies exclusivamente mexicanas, lo que representa una diversidad única en el mundo (Castellanos-Vargas, 2007; Fontana *et al.*, 2008).

Para las inmediaciones del Pedregal de San Ángel, Márquez-Mayaudón (1968) registró que la riqueza específica comprendía 26 especies de ortópteros, en su mayoría del Suborden Ensifera. Sus observaciones evidenciaron que estos insectos están muy bien representados a lo largo del año, incluso durante la estación seca que es la época cuando existe una menor disponibilidad de alimento fresco.

Cerca de 40 años después y con datos correspondientes a los límites de la Reserva Ecológica actual, *S. purpurascens* se coloca como una especie claramente dominante

en la estructura de la comunidad ortopterológica y su presencia se hace patente incluso en los pastizales adyacentes a las zonas núcleo (Castellanos-Vargas, 2007). La comunidad ortopterológica registrada en el sureste de la Ciudad Universitaria representa el 27.3% de las especies originalmente identificadas por Márquez-Mayaudón (1968); además, en los pastizales vecinos a la zona núcleo sureste destaca la presencia de *Conocephalus* sp., género del que no se contaba con registro de su presencia y que sustenta el valor ecológico de los terrenos adyacentes (Castellanos-Vargas, 2007).

Actualmente es necesario renovar las observaciones fenológicas de Márquez-Mayaudón (1968) sobre la comunidad de ortopteroides, lo cual permitirá comprender las modificaciones que ha experimentado la estructura de la comunidad de estos insectos. Como primera medida, es necesario actualizar el inventario de las especies de ortópteros pues se desconoce cuántas han desaparecido como un producto de la fragmentación y la destrucción del Pedregal original; así como determinar si nuevos géneros y especies (además de *Conocephalus* sp.) han arribado a la localidad. Finalmente, la segunda medida implica determinar el estado demográfico que guardan las poblaciones de los otros ortópteros, así como los efectos que sobre ellas ejerce la presencia y dominancia de *S. purpurascens*.

Su papel en el ecosistema

Sphenarium purpurascens es una especie que tiene un papel importante como consumidor primario y a la vez como un alimento, por lo que se considera como un paso obligado de la materia y la energía que fluye a través de la Reserva del Pedregal. Cano-Santana (1994) registra que *S. purpurascens* consume entre el 0.5 y 1% de la productividad primaria neta aérea del ecosistema (calculada en $11,885 \text{ kJ m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ó $636 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$). Este autor encuentra que su productividad secundaria se encuentra entre los valores más altos que se han registrado para ortópteros ($20.1 \text{ kJ m}^{-2} \text{ año}^{-1}$), asimismo estimó que esta especie deposita 65 kg/ha de excretas, 0.6 kg/ha de exuvias y aproximadamente 11 kg/ha de tejidos animales que quedan a merced de los desintegradores que habitan en el suelo (datos de acumulación anual). Una función de esta especie es regular el flujo de materia y energía entre productores primarios y los consumidores secundarios, incluso aquellos que se encuentran

dentro de su propia escala corporal, tal como es el caso de la araña *Neoscona oaxacensis* (Martínez-Jasso, 2002; Cecaíra-Ricoy, 2004). Cecaíra-Ricoy (2004) sugiere la presencia de un efecto de tipo ascendente ("bottom-up") en la productividad secundaria de *N. oaxacensis*. Este autor discute que el tipo de sustrato impacta directamente sobre la diversidad vegetal y actúa como un determinante de las diferencias nutricionales de las plantas. Estos factores promueven que *S. purpurascens* ataque diferencialmente a la vegetación y éste, al ser comido por la araña, provoca distintos valores de productividad secundaria del depredador. Este autor registró una productividad secundaria de esta especie de arañas de $0.84 \text{ kJ m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ($29.32 \text{ mg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$) en los sitios con-

servados y de $2.22 \text{ kJ m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ ($79.91 \text{ mg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$) en los sitios perturbados.

Epílogo

Solo en casos muy particulares el conocimiento acerca de la biología de una especie llega a ser tan vasto y completo. El saltamontes *Sphenarium purpurascens* no ha sido la excepción y una muestra de ello son las más diversas publicaciones que se han escrito sobre él. Gracias a esta especie hoy en día podemos comprender el papel tan intrincado que representa en el funcionamiento del ecosistema de la Reserva del Pedregal de San Ángel.

Literatura citada

- ANAYA-MERCHANT, C. A. 1999. Variación temporal de los niveles de herbivoría de las Campositae de la Reserva del Pedregal de San Ángel (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BOLÍVAR, I. 1909. Genera Insectorum. Orthoptera. Fam. Acridiidae. Subfam. Pyrgomorphinae. Bolívar, México.
- CAMACHO-CASTILLO, E. 1999. Demografía y movilidad de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en la reserva del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CAMACHO-CASTILLO, E. 2005. Efecto de la fecha de eclosión sobre el desempeño de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae): el papel de la calidad de la dieta. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z. 1994. Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófila. Tesis doctoral. Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades - Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z. 1997. Identificación de los estadios de desarrollo de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) por el tamaño de su cabeza. *Folia Entomológica Mexicana*, **100**: 65-66.
- CANO-SANTANA, Z. y K. Oyama. 1992. Variation in leaf trichomes and nutrients of *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae) and its implications for herbivory. *Oecologia*, **92**: 405-409.
- CANO-SANTANA, Z. y K. Oyama. 1994. Ámbito de hospederos de tres especies de insectos herbívoros de *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae). *Southwestern Entomologist*, **19**: 167-172.
- CASTELLANOS-VARGAS, I. 2001. Ecología de la oviposición de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en la reserva del Pedregal de San Ángel, México, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTELLANOS-VARGAS, I. 2003. El papel de distintos órganos sensoriales de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en la selección de su sitio de oviposición. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTELLANOS-VARGAS, I. 2007. Diversidad ortoptológica de la zona sureste de la Ciudad Universitaria (U.N.A.M.) México, D.F. *Entomología Mexicana*, **6**: 1291-1297.
- CECAIRA-RICOY, R. 2004. Fuerzas ascendentes y productividad secundaria en *Neoscona oaxacensis* (Araneae: Araneidae) en la Reserva Ecológica

- del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CESAWEH, COMITÉ ESTATAL DE SANIDAD VEGETAL DEL ESTADO DE HIDALGO. 2004. Memoria del curso-taller de identificación y manejo del chapulín. San Miguel Regla, Huasca de Ocampo. Hidalgo.
- CUEVA DEL CASTILLO, R. 1994. Protandria y conducta de apareo de *Sphenarium purpurascens*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CUEVA DEL CASTILLO, R. 2000. Selección sexual en *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae). Tesis doctoral. Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades - Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CUEVA DEL CASTILLO, R. 2003. Body size and multiple copulations in a Neotropical grasshopper with an extraordinary mate-guarding duration. *Journal of Insect Behavior*, **16**: 503-522.
- CUEVA DEL CASTILLO, R., J. NÚÑEZ-FARFÁN Y Z. CANO-SANTANA. 1999. The role of body size in mating success of *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) in Central Mexico. *Ecological Entomology*, **2**: 146-155.
- CUEVA DEL CASTILLO, R. Y J. NÚÑEZ-FARFÁN. 2002. Female mating success and risk of prereproductive death in a protandrous grasshopper. *Oikos*, **96**: 217-224.
- CUEVA DEL CASTILLO, R. Y Z. CANO-SANTANA. 2001. Variación de la coloración corporal de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en función del sexo y su relación con la formación de parejas en un ambiente heterogéneo. *Folia Entomológica Mexicana*, **40**: 297-309.
- FIGUEROA-CASTRO, D. M. 1997. Análisis comparativo de la biología floral de cinco especies de compuestas del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- FONTANA, P., F. M. BUZZETTI Y R. MARIÑO-PÉREZ. 2008. Chapulines, langostas, grillos y esperanzas de México: Guía fotográfica. WBA Handbooks, Verona.
- GALICIA-MENDOZA, D. I. 2002. Selección sexual en proceso y la evolución del dimorfismo sexual en el tamaño corporal en *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GUERRA-RODRÍGUEZ, J. 2002. Ecología y historia natural de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GARZA-LÓPEZ, E. Y R. CUEVA DEL CASTILLO. 2006. Elección masculina de pareja en *Sphenarium purpurascens* (Charpentier) (Orthoptera: Pyrgomorphidae). ¿Pueden los machos evaluar la experiencia reproductiva de las hembras? *Folia Entomológica Mexicana*, **45**: 165-170.
- JUÁREZ-OROZCO, S. M. 2005. Efectos del fuego y la herbivoría sobre la biomasa aérea del estrato herbáceo de la reserva del Pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- KEVAN, D. K. 1977a. Ord. Orthoptera s. str. (Saltatoria-Caelifera) Subord. Acridodea Infraord. Acridomorpha Superfam. Acridoidea Fam. Pyrgomorphidae. *Orthoptera Catalogus*, **16**: iv+663+7.
- KEVAN, D. K. 1977b. The American Pyrgomorphidae. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, **36**: 3-28.
- MARÍN-JARILLO, A., R. BUJANGOS, F. TAMAYO Y E. RANGEL. 2006. Hábitos de oviposición y caracterización de ootecas y huevecillos de los ortópteros *Sphenarium purpurascens* (Charp.), *Melanoplus differentialis* (Thomas) y *Brachystola mexicana* (Bruner.). *Entomología Mexicana*, **5**: 317-320.
- MÁRQUEZ-MAYAUDÓN, C. 1962. Estudio de las especies del género *Sphenarium*, basado en sus genitalia (Orthoptera: Acrididae), con la descripción de una especie nueva. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*, **33**: 247-258.
- MÁRQUEZ-MAYAUDÓN, C. 1968. Contribución al estudio de los ortópteros de México. IV. Ortópteros del Pedregal de San Ángel, Villa Obregón, D.F. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ser. Zool.*, **39**: 107-112.
- MARTÍNEZ-JASSO, C. 2002. Ecología e historia natural de *Neoscona oaxacensis* (Araneae: Araneidae) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, México: selección de hábitat y análisis poblacional. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MENDOZA, P. C. Y E. TOVAR. 1996. Ecología de forrajeo de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) en la Reserva del Pedregal de San Ángel, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- MORENO-GARCÍA, M. A. 2002. Plasticidad fenotípica en el tamaño corporal y tiempo de desarrollo en *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- NAVARRO-NAVA, R. 1999. Distribución geográfica del chapulín *Sphenarium purpurascens* Charpentier (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en la región noreste del Estado de México. Tesis profesional. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán, Estado de México.
- OYAMA, K., Z. CANO-SANTANA Y S. CAREAGA. 1994. Estudios sobre la interacción herbívoro-planta en el Pedregal de San Ángel, México, D. F. Pp. 301-311, en: Rojo, A. (comp.). Reserva ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RIOS-CASANOVA, L. 1993. Análisis espacial y temporal de la comunidad de artrópodos epífitos del Pedregal de San Ángel, D.F. (México) Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RIOS-CASANOVA, L. Y Z. CANO-SANTANA. 1994. Análisis cuantitativo de los artrópodos epífitos del Pedregal de San Ángel. Pp. 275-282, en: Rojo, A. (comp.). Reserva ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- SERRANO-LIMÓN, G. Y J. RAMOS-ELORDUY. 1989. Biología de *Sphenarium purpurascens* (Charpentier) y algunos aspectos de su comportamiento (Orthoptera: Acrididae). *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ser. Zool.*, **59**: 139-152.

Historia natural de los grillos arborícolas *Oecanthus niveus* y *O. californicus*

Hilda Marcela Pérez-Escobedo y Zenón Cano-Santana

Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de México
salamandram@hotmail.com

Introducción

Los grillos (Orthoptera, Ensifera: Gryllidae) son insectos ovíparos y paurometábolos que tienen órganos auditivos en las tibiae anteriores, largas antenas filiformes que regularmente las llevan extendidas hacia adelante, tarsos triarticulados y alas que reposan sobre el dorso cuando éstas están bien desarrolladas (Masaki y Walker, 1987). Los machos presentan órganos de estridulación en las alas, mientras que las hembras tienen un ovipositor evidente en forma de espada con el cual depositan los huevos bajo el suelo o bajo la epidermis de las ramas de las plantas (Vázquez y Villalobos, 1987).

Los grillos de la subfamilia Oecanthinae contiene a los llamados grillos arborícolas, los cuales están agrupados en los géneros *Oecanthus* y *Neoxabea*. En la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (en lo sucesivo, Reserva del Pedregal, Reserva o REPSA) se han registrado dos especies de las 63 que se reconocen en el género *Oecanthus*: *O. niveus* De Geer y *O. californicus* Saus (Cano-Santana, 1987; Cano-Santana y Oyama, 1994; Pérez-Escobedo, 2007).

Los grillos del género *Oecanthus* se distribuyen en los cinco continentes (Eades *et al.*, 2007) y presentan cinco estadios de desarrollo (Borror *et al.*, 1981; Arnett, 1993). Estos insectos viven sobre árboles y arbustos (Borror *et al.*, 1981) y son depredadores generalistas: se alimentan de chinches, áfidos, himenópteros, orugas, huevos de arañas, hongos, materia orgánica, hojas, frutos, partes florales e incluso pueden presentar canibalismo (Ful-

ton, 1915; Walker, 1962; Knopf, 1984; Willey y Adler, 1989; Hanks y Denno, 1993; Fedor y Majzlan, 2001). Sus enemigos naturales más importantes son insectos parasitoides y arañas (Punzo, 2002).

En este capítulo se dan a conocer los datos de historia natural de *O. niveus* y *O. californicus* en la Reserva del Pedregal.

Material y métodos

Se visitó frecuentemente la Reserva de diciembre de 2004 a diciembre de 2005, pero se siguieron haciendo visitas hasta diciembre de 2006. Se registró la actividad de los grillos (canto, alimentación, reposo, apareo y oviposición), así como la planta sobre la que se encontraban. Se capturaron 44 grillos de diferentes estadios, los cuales se criaron individualmente en laboratorio en botes de plástico de 10 cm de diámetro por 8 cm de alto, alimentándolos con croquetas Wiskas® molidas y ofreciéndoles agua en una torunda de algodón.

Resultados y discusión

Historia natural de *Oecanthus niveus*

Morfología y hábitos. *Oecanthus niveus* es un grillo de color verde claro (Fig. 1) que de adulto puede tener en la Reserva una longitud de entre 11 y 21.3 mm, en tanto que sus ninfas pueden medir entre 2.8 y 14.9 mm (Tabla 1). Los adultos no presentan dimorfismo sexual en su

tamaño corporal y son marginalmente más grandes que las poblaciones de Estados Unidos (REPSA: $14.2 \pm$ error estándar 0.14 mm, EUA: 14.0 mm, Fulton, 1915; $t_{205} = 1.78$, $P = 0.075$), pero son significativamente más pequeños que los que habitan en Zapotitlán Salinas, Pue. (15.9 ± 0.005 mm, Romero-Mata, 2008; $t_{638} = 14.3$, $P < 0.001$).

Tabla 1. Longitud corporal (mm) de ninfas y adultos de *Oecanthus niveus* en la Reserva del Pedregal.

Estadio	Longitud corporal (mm)
I	2.8–3.8
II	3.9–6.2
III	6.3–10.7
IV	7.8–12.6
V	12.7–14.9
Adulto	11.0–21.3

Tiene hábitos crepusculares: las ninfas y los adultos tienen actividad desde las 18:00 hasta las 4:00 h. Los machos comienzan a cantar cuando el Sol se oculta, y dejan de cantar cerca de las 3:30 h, aunque se registra una mayor frecuencia de cantos entre las 19:30 y 20:00 h. Los machos frecuentemente cantan en coro o uno después del otro; cantan en pulsaciones que duran no más de 3 s, y se pueden distinguir variaciones en el canto ya que algunos lo hacen de manera más grave que otros.

Hábitat. *Oecanthus niveus* es un grillo epífita que vive sobre árboles, arbustos, hierbas y enredaderas. Se han registrado 29 especies de plantas hospederas de *O. niveus*, en las cuales descansa, se alimenta, canta, se aparea y oviposita (Tabla 2). Las especies de plantas hospederas más frecuentes de este grillo son: el árbol *Buddleia cordata* Kunth (Loganiaceae), la hierba *Iresine celosia* L. (Amaranthaceae), el arbusto *Eupatorium petiolare* Moc. et Sessé ex DC. (Asteraceae) y la enredadera *Passiflora subpeltata* Ortega (Passifloraceae) (Fig. 2). Estos insectos se distribuyen desde 0 a 4 m de altura, en este último caso,

cuando se asientan sobre los árboles de pirul (*Schinus molle* L. [Anacardiaceae]) o tepozán (*B. cordata*).

Alimentación. Las ninfas de los primeros estadios y las hembras adultas, en particular, se alimentan de las flores de *Buddleia cordata*, *B. parviflora* Kunth (Loganiaceae), *Eupatorium petiolare*, *Ipomoea purpurea* (L.) Roth. (Convolvulaceae), *Iresine celosia*, *Passiflora subpeltata* y *Plumbago pulchella* Boiss. (Plumbaginaceae). Se ha reportado que también pueden alimentarse de homópteros, áfidos, lepidópteros e himenópteros (Fulton, 1915; Romero-Mata, 2008).

Reproducción. El apareo de estos insectos ocurre entre septiembre y noviembre y la oviposición se ha registrado en febrero, marzo y noviembre (Fig. 3). Pérez-Escobedo (2007) en 2005 encontró una proporción sexual anual de 6.1 machos por cada hembra, aunque se discute que ésta puede ser reflejo de la facilidad de registrar machos durante los muestreos nocturnos.



FIG. 1. Aspecto de un adulto macho de *Oecanthus niveus*.

Tabla 2. Lista de plantas hospederas de *Oecanthus niveus* para diversas actividades en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. DE= descanso, AL= alimentación, CA= canto, AP= apareo y OV= oviposición. Se ordenan alfabéticamente por familia.

Especie	Familia	DE	AL	CA	AP	OV
<i>Iresine celosia</i> L.	Amaranthaceae	X	X	X		
<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	X		X		
<i>Gonolobus uniflorus</i> Kunth	Asclepiadaceae	X		X		
<i>Eupatorium petiolare</i> Moc. et Sessé ex DC.	Asteraceae	X		X	X	X
<i>Verbesina virgata</i> Cav.	Asteraceae	X		X		
<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	Asteraceae	X		X		X
<i>Brickellia veronicifolia</i> (Kunth) A.Gray	Asteraceae			X		
<i>Senecio praecox</i> DC.	Asteraceae	X				
<i>Tagetes lunulata</i> Ortega	Asteraceae	X				
<i>Bursera cuneata</i> Engl.	Burseraceae	X				
<i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck	Cactaceae			X		
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth.	Convolvulaceae	X	X			
<i>Erythrina americana</i> Mill.	Fabaceae	X		X		
<i>Wigandia urens</i> (Ruiz et Pav.) Kunth	Hydrophyllaceae	X		X		
<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R.Br.	Lamiaceae	X		X		
<i>Buddleia cordata</i> Kunth	Loganiaceae	X	X	X	X	X
<i>Buddleia parviflora</i> Kunth	Loganiaceae	X		X		
<i>Gaudichaudia cynanchoides</i> Kunth	Malpighiaceae	X				
No identificada 1	Malvaceae			X		
<i>Eucalyptus resinifera</i> Smith	Myrtaceae			X		
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenzig) Lingelsh.	Oleaceae			X		
<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb	Oleaceae	X		X		
<i>Passiflora subpeltata</i> Ortega	Passifloraceae	X		X		
<i>Plumbago pulchella</i> Boiss.	Plumbaginaceae	X	X	X		X
<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	Poaceae	X		X		
<i>Loeselia mexicana</i> Brand	Polemoniaceae	X		X		
<i>Phlebodium araneosum</i> (M. Martens et Galeotti) Mickel et Beitel	Polypodiaceae	X				
<i>Cissus sicyoides</i> L.	Vitaceae	X		X		
No identificada 2	Crassulaceae	X		X		

Las hembras de *O. niveus* ovipositan en los tallos suaves de árboles y arbustos, como *Eupatorium petiolare*, *Buddleia cordata*, *Montanoa tomentosa* Cerv. (Asteraceae) y *Plumbago pulchella*. Para ello, la hembra muerde una parte del tallo de la planta haciendo una pequeña perforación y, posteriormente, inserta el ovipositor dentro de ésta en repetidas ocasiones durante más de media hora. Finalmente, se puede observar una hilera de pequeños orificios distribuidos de manera sistemática con espacios de entre 1.5 y 2 cm entre cada uno.

Ecología. Esta especie registra una generación al año en la Reserva del Pedregal, con un traslape de generaciones de adultos. Esto se infiere ya que esta especie registra un periodo discreto de apareo y otro de oviposición, así como mayor reclutamiento de ninfas entre febrero y junio (Figs. 3 y 4). Se registró la presencia y actividad de machos adultos de *O. niveus* durante todo el año, en tanto que las hembras no fueron registradas entre mayo y julio (Fig. 3). En laboratorio, se pudo mantener con vida un macho que vivió 140 días, el cual fue capturado desde su segundo estadio. Un estudio de campo de Pérez-Escobedo (2007) indica que los adultos pueden vivir más de 48 días y que las ninfas de segundo estadio pueden permanecer en esta etapa por más de 21 días.

En ese trabajo se reportó una densidad de grillos de esta especie en la zona de hasta 663 ind/ha, pero su densidad promedio anual varía entre 65 y 212 ind/ha.

No se registraron parasitoides en los 44 grillos capturados en diferentes estadios. En campo sólo se observó a la araña *Peuceletia viridans* (Hentz) (Araneae: Oxyopidae) alimentándose de una ninfa sobre *Wigandia urens* (Ruiz et Pav.) Kunth (Hydrophyllaceae). En Zapotitlán Salinas, Pue., Romero-Mata (2008) registró como enemigos naturales a *P. viridans*, otra especie de araña de la familia Thomisidae, una especie de Hemiptera, y al ave *Pyrocephalus rubinus* Boddaert (Passeriformes: Tyrannidae).

Historia natural de *Oecanthus californicus*

Descripción y hábitos. *Oecanthus californicus* se caracteriza porque presenta una mancha roja en la base de las antenas. Los machos tienen un cuerpo de color verde limón (Fig. 5), en tanto que las hembras lo tienen en tonalidades que varían entre el verde y el café. La longitud corporal promedio de los adultos es de 19.5 ± 1.8 mm, el cual es significativamente mayor que el que se registra en EUA (12.0 mm; Fulton, 1926; $t_{17} = 34.4, P = 0.0005$).

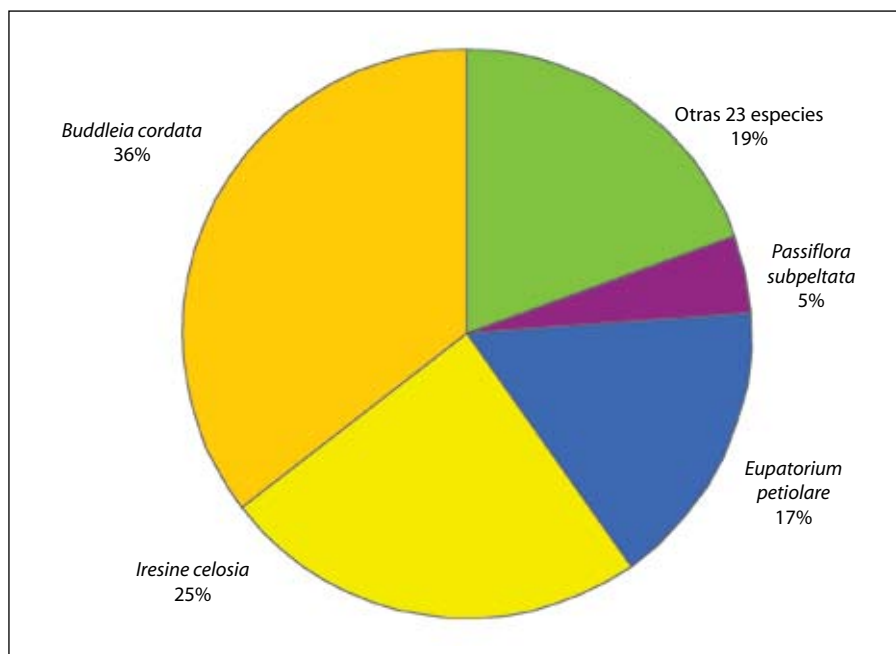


FIG. 2. Frecuencia relativa de *O. niveus* en distintas plantas hospederas en la Reserva del Pedregal de noviembre de 2004 a diciembre de 2005 (N= 1085).

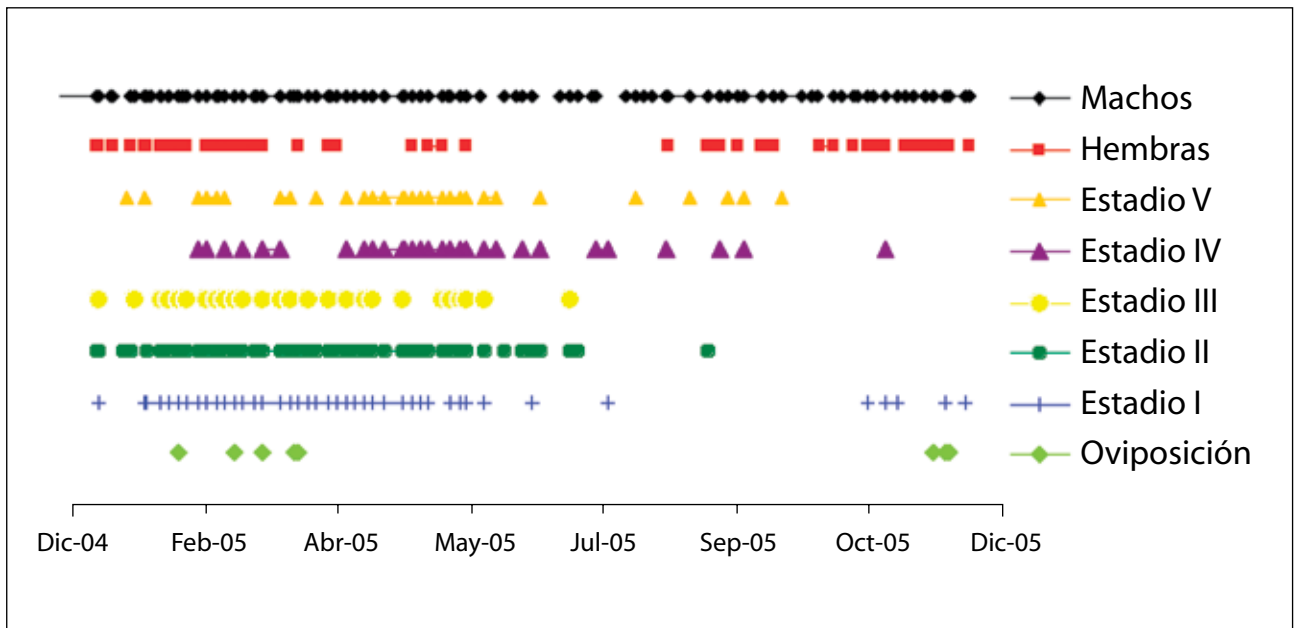


FIG. 3. Registros de presencia de grillos de distinta etapa de desarrollo de *Oecanthus niveus* en la Reserva del Pedregal. Oviposición = se refiere a la observación de eventos de oviposición sobre los tallos de las plantas.

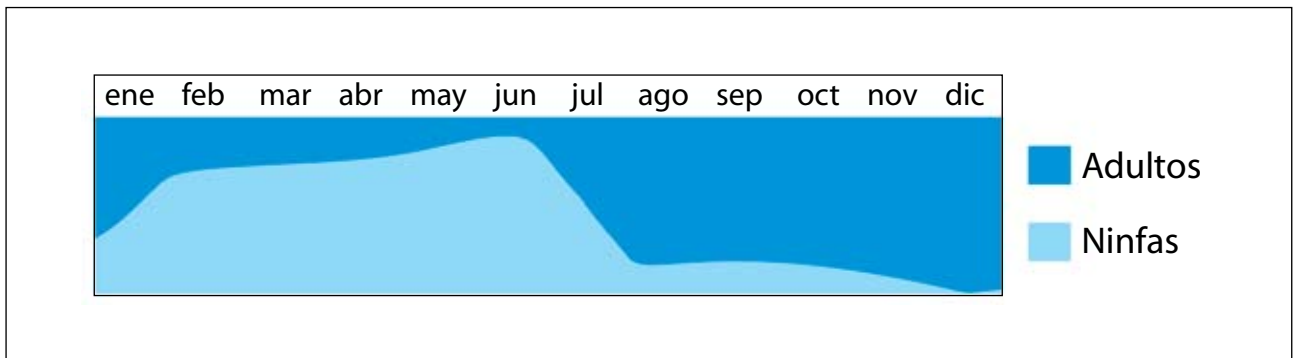


FIG. 4. Abundancia relativa de adultos y ninfas a lo largo del año de *Oecanthus niveus* en la Reserva del Pedregal.

El canto de los machos es continuo, pues se sostiene por más de 20 s cantan de manera individual y comienzan a hacerlo cuando el Sol se oculta hasta cerca de las 3:00 h, teniendo mayor actividad de canto entre las 19:30 y 20:00 h.

No se pudieron registrar los hábitos alimentarios de esta especie, debido a su baja densidad (ver adelante).

Hábitat. *Oecanthus californicus* se ha registrado en 14 especies de plantas hospederas (Tabla 3), en las cuales descansa, canta y se aparea. Presenta mayor actividad en los árboles *Buddleia parviflora* y *B. cordata*, el pasto *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. (Poaceae) y el arbusto *Pyracantha coccinea* M. Roemer (Rosaceae) (Fig. 6). Los individuos de esta especie se distribuyen desde los 50 cm hasta los 2.5 m de altura cuando se encuentran en la copa de *B. parviflora*.

Ecología y reproducción. *Oecanthus californicus* tiene una generación por año sin traslape de cohortes, lo cual no difiere con lo descrito para el género en EUA (Alexander, 1968). Los adultos de esta especie se registraron entre agosto y enero (Fig. 7). Se observó un evento de apareo en noviembre de 2005 y probablemente éstos continúen hasta enero. No se observaron eventos de oviposición, pero probablemente ésta ocurra entre noviembre y enero. Sólo se pudo registrar una ninfa del



FIG. 5. Aspecto de un adulto macho de *Oecanthus californicus*.

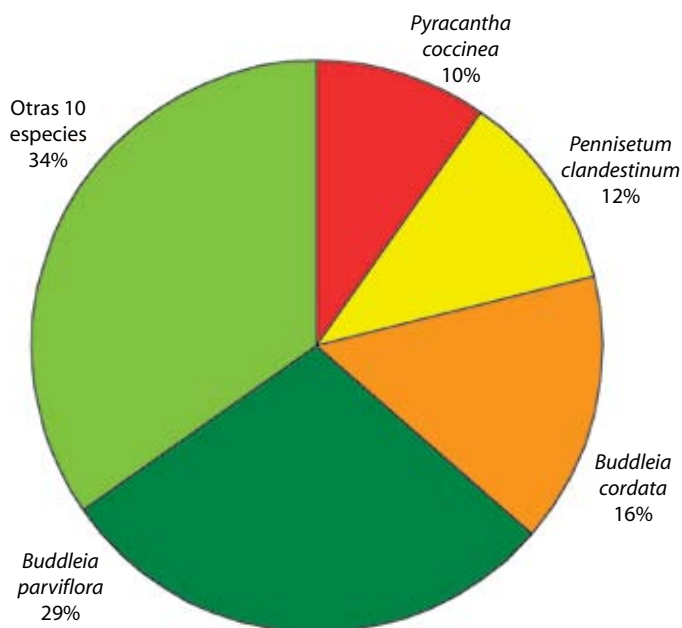


FIG. 6. Frecuencia relativa de *O. californicus* sobre diferentes plantas hospederas en la Reserva del Pedregal de noviembre de 2004 a diciembre de 2005 (N= 52).

Tabla 3. Lista de plantas utilizadas por *Oecanthus californicus* para diversas actividades en la Reserva del Pedregal. DE= descanso, CA= canto y AP= apareo. Las plantas se ordenan alfabéticamente por familia.

Especie	Familia	DE	CA	AP
<i>Iresine celosia</i> L.	Amaranthaceae	X		
<i>Eupatorium petiolare</i> Moc. et Sessé ex DC.	Asteraceae		X	X
<i>Verbesina virgata</i> Cav.	Asteraceae		X	
<i>Wigandia urens</i> (Ruiz et Pav.) Kunth	Hydrophyllaceae	X	X	
<i>Buddleia cordata</i> Kunth	Loganiaceae	X	X	
<i>Buddleia parviflora</i> Kunth	Loganiaceae	X	X	
<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R.Br.	Mamiaceae		X	
<i>Eucalyptus resinifera</i> Smith	Myrtaceae	X		
<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	Oleaceae		X	
<i>Muhlenbergia robusta</i> (E. Fourn.) Hitchc.	Poaceae		X	
<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	Poaceae		X	
<i>Loeselia mexicana</i> Brand	Polemoniaceae		X	
<i>Pyracantha coccinea</i> M. Roemer	Rosaceae		X	
<i>Cissus sicyoides</i> L.	Vitaceae		X	

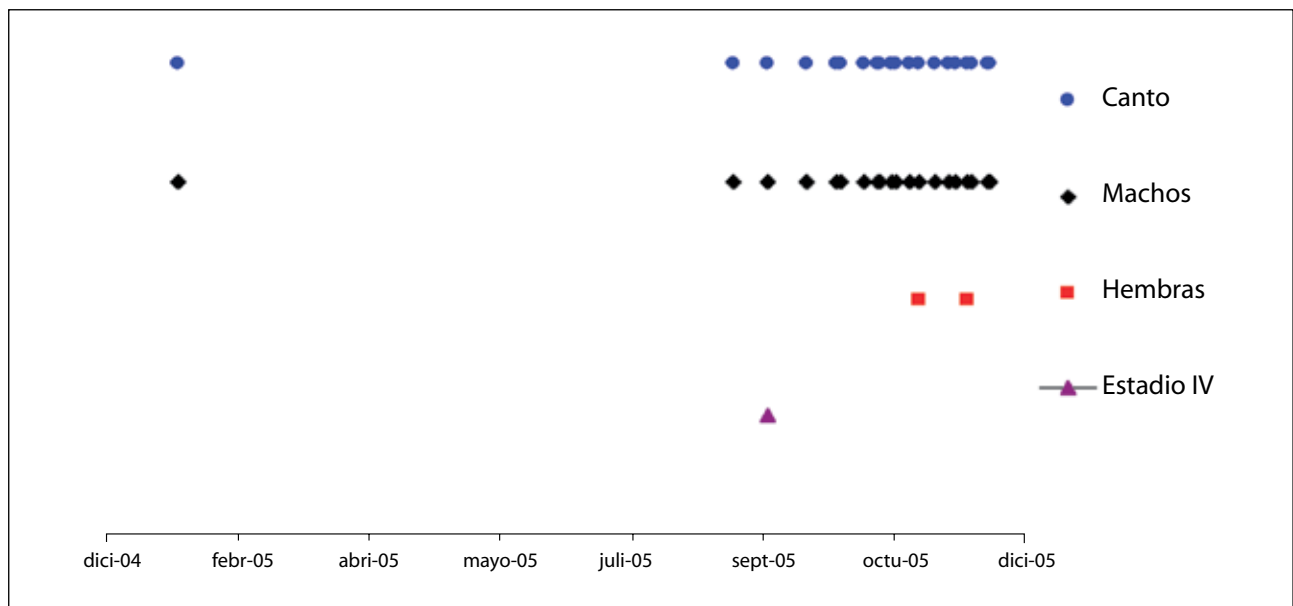


FIG. 7. Registros de ninfas de distintas etapas de desarrollo de *Oecanthus californicus* en la Reserva del Pedregal.

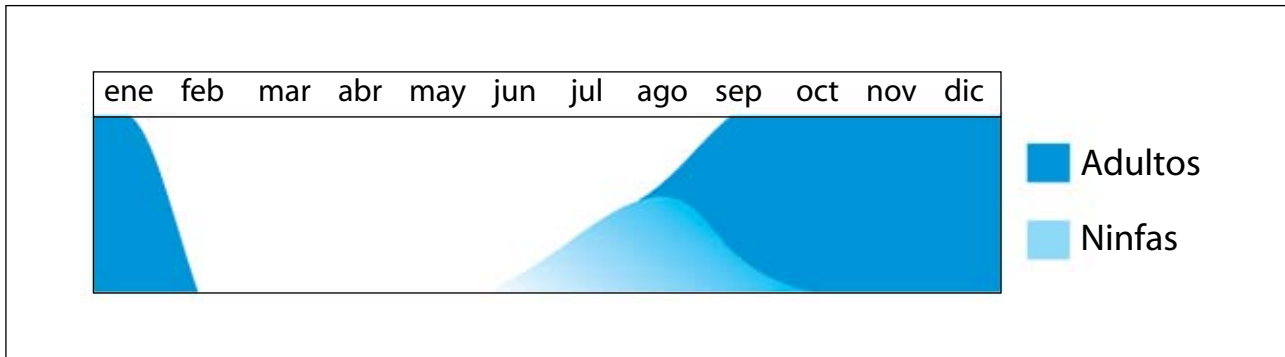


FIG. 8. Abundancia relativa de adultos y ninfas a lo largo del año de *O. californicus* en la Reserva del Pedregal.

cuarto estadio en septiembre. Es posible que sus ninfas eclosionen entre junio a julio, al inicio de la temporada de lluvias, ya que probablemente presentan diapausa, en estado de huevo, durante los meses de febrero a junio (Figs. 7 y 8).

No se registraron enemigos naturales de esta especie.

Pérez-Escobedo (2007) registra una densidad de grillos de esta especie en la REPSA de hasta 333 ind/ha, pero en promedio se registran de 16 a 21 ind/ha.

La Reserva del Pedregal constituye la localidad más sureña de presencia de *Oecanthus californicus*, ya que sólo se había reportado para el norte del país (Walker, 1967).

Conclusión

Oecanthus niveus y *O. californicus* coexisten en la Reserva del Pedregal. Ambas especies son de hábitos crepusculares y ambas prefieren asentarse sobre *Buddleia*

cordata y *Wigandia urens*. *Oecanthus niveus* es mucho más abundante y presenta un hábitat más amplio que *O. californicus*. La primera se distribuye en 29 especies de plantas, mientras que *O. californicus* sólo en 14. El número de especies hospederas de ambas especies es muy bajo comparado con la oferta de especies que presenta la REPSA (340 especies; Castillo-Argüero *et al.*, 2004; Cano-Santana *et al.*, 2008), lo cual indica que ambos grillos arborícolas son muy selectivos en cuanto a su hábitat.

La coexistencia de estas especies puede ser resultado de la diferencia en sus densidades y ciclos de vida, así como a la existencia de plantas hospederas que son exclusivas de cada una de estas especies: *O. niveus* se registra de forma exclusiva en 18 especies, entre las que se encuentran: *Passiflora subpeltata*, *Montanoa tomentosa* y *Plumbago pulchella*, mientras que *O. californicus* habita de manera exclusiva sobre tres: *Muhlenbergia robusta*, *Leonotis nepetifolia* (L.) R.Br. (Lamiaceae), y *Pyracantha coccinea*. Lo anterior sugiere que sus nichos no están completamente traslapados.

Agradecimientos

Agradecemos a Isael Victoria Salazar, Esteban Zamorán y a Jonathan Antonio Garcés su asistencia en el trabajo de campo. A Enrique Mariño por la identificación de los grillos. A Oswaldo Núñez Castillo por la identificación de las plantas. Agradecemos a Marco Romero-Romero su asistencia técnica en los servicios de cómputo y a Ernesto Navarrete Arauza por el trabajo fotográfico. Este estudio fue realizado con el apoyo del proyecto Proyecto PAPIIT IN216203 “Análisis del canto y la biología reproductiva del grillo de árbol *Oecanthus niveus* en dos comunidades xerófitas”, el cual también apoyó con una beca-tesis a HMPE.

Literatura citada

- ALEXANDER, R. D. 1968. Life cycle origins, speciation, and related phenomena in crickets. *The Quarterly Review of Biology*, **43**: 1-41.
- ARNETT, R. H. 1993. American insects. A handbook of America North of Mexico. The Sandhill Crane Press, Gainesville, Florida.
- BORROR, D. J., D. M. DE LONG Y C. A. TRIPLEHORN. 1981. An introduction to the study of insects. Saunders College Publishing, Filadelfia.
- CANO-SANTANA, Z. 1987. Ecología de la relación entre *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae) y sus herbívoros en el Pedregal de San Ángel D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z. Y K. OYAMA. 1994. *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae): Un mosaico de recursos para sus insectos herbívoros. *Acta Botanica Mexicana*, **28**: 29-39.
- CANO-SANTANA, Z., S. CASTILLO-ARGÜERO, Y. MARTÍNEZ-OREA Y S. JUÁREZ-OROZCO. 2008. Análisis de la riqueza vegetal y el valor de conservación de tres áreas incorporadas a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal. (México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **82**: 1-14
- CASTILLO-ARGÜERO, S., G. MONTES-CARTAS, M. A. ROMERO-ROMERO, Y. MARTÍNEZ-OREA, P. GUADARRAMA-CHÁVEZ, I. SÁNCHEZ-GALLEN Y O. NÚÑEZ-CASTILLO. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **74**: 51-75.
- EADES, D. C., D. OTTE Y P. NASKRECKI. 2007. Orthoptera species file online. Versión 2.0/3.0. <<http://Orthoptera.SpeciesFile.org>>. Fecha de consulta: 1-may-07.
- FEDOR, P. J. Y O. MAJZLAN. 2001. Distribution and infiltration of the tree cricket *Oecanthus pullecens* (Scopoli, 1763) to unoriginal conditions in Slovakia. *Bulletin de la Société des Naturalistes Luxembourgeois*, **102**: 103-108.
- FULTON, B. B. 1915. The tree crickets of New York: life history and bionomics. New York Agricultural Experiment Station. *Technical Bulletin*, **42**: 3-47.
- FULTON, B. B. 1926. The tree crickets of Oregon. *Oregon Agricultural College Experimental Station Bulletin*, **223**: 7-20.
- HANKS, L. M. Y R. F. DENNO. 1993. Natural enemies and plant water relations influence the distribution of an armored scale insect. *Ecology*, **74**: 1081-1091.
- KNOPF, A. A. 1984. The Audubon Society field guide to North American insects and spiders. New Hampshire University, Nueva York.
- MASAKI, S. Y T. J. WALKER. 1987. Cricket life cycles. *Evolutionary Biology*, **21**: 349-423.
- PÉREZ-ESCOBEDO, H. M. 2007. Variación espacial y temporal de la estructura poblacional de dos grillos del género *Oecanthus* (Orthoptera: Gryllidae) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- PUNZO, F. 2002. Early experience and prey preference in the lynx spider, *Oxyopes salticus* Hentz (Araneae: Oxyopidae). *Journal New York Entomological Society*, **110**: 255-259.
- ROMERO-MATA, A. 2008. Estructura poblacional y preferencia de oviposición de *Oecanthus niveus* (Orthoptera: Gryllidae) en Zapotitlán Salinas, Pue. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- VÁZQUEZ, G. L. Y A. VILLALOBOS. 1987. Zoología del phylum Arthropoda. Interamericana, México.
- WALKER, T. J. 1962. The taxonomy and calling songs of the United States tree crickets (Orthoptera: Gryllidae: Oecanthinae). I. The genus *Neoxabea* and the niveus and varicornis groups of the groups of the genus *Oecanthus*. *Annals of the Entomological Society of America*, **55**: 303-322.
- WALKER, T. J. 1967. Revision of Oecanthinae (Orthoptera: Gryllidae) of America South of the United States. *Annals of the Entomological Society of America*, **60**: 784-796.
- WILLEY, M. B. Y H. ADLER. 1989. Biology of *Peucea viridans* (Araneae, Oxyopidae) in South Carolina, with special reference to predation and maternal care. *The Journal of Arachnology*, **17**: 275-284.

Los peces y sus hábitats

Héctor Espinosa Pérez

Departamento de Zoología, Instituto de Biología,
Universidad Nacional Autónoma de México
hector@servidor.unam.mx

Introducción

En la Cuenca del Valle de México se pueden encontrar aun varios cuerpos de agua tanto naturales como artificiales. Algunos de los primeros, como el lago de Xochimilco o los canales de Tláhuac, representan remanentes de la gran zona lacustre original del altiplano. En realidad, la mayor parte de esos sistemas hidrológicos se han perdido a causa de la urbanización de la ciudad de México. Muestra de ello son los lagos de Texcoco y Chapultepec, que han sido confinados a la zona urbana que los rodea, así como los arroyos y ríos asociados a las presas y represas que se encuentran en todo el perímetro de la ciudad. Por eso, en una ciudad como la de México donde el asfalto y el concreto prevalecen sobre los ambientes naturales, un área protegida es no sólo un oasis, sino una forma de proteger lo poco que queda del medio natural. Si bien se dice que ese resquicio sería como un arca de Noé y pronto se extinguirá, hay otros que piensan que, por reducida que sea, cualquier área protegida tendrá gran importancia, ya que sirve de corredor para muchas especies (véase Shafer, 1990). Sin embargo, claramente éste no es el caso de la fauna acuática.

Es sabido que los cuicuilcas, acaso una de las primeras culturas de Mesoamérica, edificaron sus pirámides en la zona que hoy día se encuentra cubierta por la piedra volcánica que arrojó el volcán Xitle y que su alimentación se basaba en la agricultura, la caza y la pesca (López y Córdova, 2007). También se sabe que los ríos y arroyos que venían de Contreras, El Ajusco y del propio Xitle formaron parte de los acuíferos que se encuentran

representados en la actualidad en las Fuentes Brotantes y Cuicuilco de la hoy delegación Tlalpan, a pocos metros de lo que hoy es la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA), y nutrían con sus aguas el gran lago de Tenochtitlan. Este lago se asentaba en el fondo de una cuenca endorreica, que lo fue hasta la apertura de sus aguas al gran canal que desemboca en la cuenca del río Pánuco, en los primeros años de la conquista. Por otro lado, son conocidas las inundaciones que sufrían la Gran Tenochtitlan y en especial el Reino de Coyoacán, las cuales empeoraron durante la Colonia, cuando los españoles rellenaron los canales para construir calzadas elevadas, al querer imponer su estilo de vida y costumbres. La primera inundación documentada ocurrió en 1553, y ésta fue seguida de otras en 1580, 1604 y 1629, entre otras, a causa de las venidas de agua provenientes del sur, mal que sufre la ciudad de México hasta nuestros días (Ezcurra, 1990).

Con el paso del tiempo y dada la desaparición de los ríos y arroyos, debido al pastoreo, la tala de las laderas boscosas que rodeaban la cuenca y el inicio de las edificaciones, en la parte sur de Cuicuilco sólo quedaron en buen estado de conservación el pedregal y los manantiales de Tlalpan antes mencionados. La construcción de la Ciudad Universitaria (CU) y las colonias circundantes antes de que terminara la primera mitad del siglo xx (proceso que aun continúa), trajo consigo la desaparición de los escurrideros y el aumento en el uso del agua, al punto de la desaparición de los arroyos. Por otro lado, el aprovechamiento de la roca volcánica de la zona oriental de CU, en lo que conocemos ahora como la Cantera



FIG. 1. Vista de la primera laguna de la Cantera Oriente en febrero de 2007.

Oriente, la cual conforma un área de amortiguamiento de la REPSA, llegó a niveles de sobreexplotación y agotamiento de la materia prima. Con el tiempo, este lugar fue abandonado; el afloramiento de un manantial y el escurrimiento de agua por filtración formó tres pequeñas lagunas en esta zona.

En la actualidad, la Cantera Oriente, aislada casi por completo de la ciudad, posee una belleza intrínseca que invita a disfrutar del paisaje (Fig. 1). Uno de los ingenieros constructores que excavó la cantera, al ver que las aguas de las lagunas eran de buena calidad, decidió introducir peces con fines recreativos, seleccionando a la carpa común como la especie adecuada por su potencial para la pesca. Posteriormente se introdujo otra especie de carpa, la carpa herbívora. En años recientes un investigador universitario del área de ecología decidió introducir un pequeño pez nativo de la Familia Goodeidae, con fines de investigación.

A partir de una propuesta de los académicos que trabajan hoy día en la Cantera, estimulados por los resultados que arrojó un coloquio celebrado en febrero de 2007 sobre el

futuro de la localidad y con el apoyo de las autoridades universitarias encargadas del cuidado del sitio, se ha propuesto intentar recrear un ambiente lacustre que permita preservar la flora y la fauna nativas. Específicamente, se ha planteado intentar imitar un lago como aquellos que existían antes de la llegada de los españoles a América, lo que le daría a la zona la presencia de un ambiente de costa parecido al que supuestamente tuvieron los cuicuilcas antes de la erupción del Xitle.

Antecedentes

Un primer antecedente de importancia es que las especies de peces que viven hoy en los lagos de la Cantera viven bien, se reproducen, se alimentan con éxito y crecen de forma adecuada. Esto indica que el agua de esta zona es de buena calidad, aunque las especies presentes son tolerantes a la contaminación (Schofield *et al.*, 2005; Domínguez *et al.*, 2005). Sabemos que la contaminación de la ciudad de México es significativa, y aunque la Cantera Oriente se encuentra aislada, sólo el depósito de partículas atmosféricas en esa parte de la ciudad debe ser considerable.

Sobre la contaminación y sus efectos en la fauna de los humedales de la zona, debe mencionarse el estudio realizado por Arenas y De la Lanza (1978), que se titula "Muerte masiva de los peces del Vivero Alto de Ciudad Universitaria, México" (zona que es parte de la REPSA en la actualidad). Dicho estudio se hizo debido a la alta mortandad que se observó en dos especies de carpas asiáticas y exóticas que ahí vivían, ya que se pensó que el pozo de donde provenía el agua pudiese estar contaminado. Las especies que habían sido introducidas desde por lo menos un par de años antes con fines ornamentales eran *Cyprinus carpio* (Fig. 2) y *Carassius auratus*. Hasta ese entonces, en el Pedregal no existían cuerpos de agua naturales que pudiesen permitir el establecimiento de especies autóctonas. Después de analizar diferentes parámetros del agua y realizar bioensayos con carpas (*Cyprinus carpio*) y gupis (*Poecilia reticulata*), los autores concluyeron que la muerte de los peces, motivo de dicho estudio, no se debió a la contaminación del agua del pozo principal de extracción, la cual era potable, sino más bien, fue resultado del aumento de la extracción de agua para su uso urbano y principalmente por la inyección de aire para el bombeo, lo que producía que al aumentar la presión, se inyectaran gases atmosféricos al agua, aumentando la concentración de éstos en el vital líquido, provocando su saturación en las branquias de los peces, lo que finalmente ocasionó su muerte.



FIG. 3. *Girardinichthys multiradiatus*. Foto: O. Domínguez.



FIG. 2. *Cyprinus carpio* L. Tomada de Schofield et al. (2005).

Diversidad

No existen trabajos históricos de los sistemas hídricos originales del altiplano, por lo cual no se sabe qué especies de peces habitaban la zona lacustre. Sólo por medio de los códices se puede tener una idea de parte de la fauna íctica que habitaba los lagos del altiplano mexicano (Álvarez, 1984). Durante el siglo xix y principios del xx diversos exploradores realizaron estudios que documentaron, aunque de forma algo sesgada, los peces que habitaban el altiplano, recolectándolos, clasificándolos e identificándolos. De este modo, se tiene registro de que el sistema lacustre y los arroyos que lo nutrían, poseían aproximadamente 15 especies de peces pertenecientes a cinco familias, de las cuales diez especies eran endémicas del altiplano. Entre estas últimas están *Girardinichthys multiradiatus* (Fig. 3) y *G.*

viviparus (Goodeidae); *Azteculla sallei*, *Algansea tincella*, *Evarra eigenmanni*, *E. tlahuacensis* y *E. bustamante* (Cyprinidae); y *Menidia humboldtianum*, *M. jordani*, y *M. regani* (Atherinopsidae). También se documentó la presencia de especies introducidas, como las carpas asiáticas *Cyprinus carpio* y *Carassius auratus* (Cyprinidae), las truchas *Oncorhynchus mikyss* y *Salvelinus fontinalis* (Salmonidae), y la lobina negra *Micropterus salmoides* (Centrarchidae). En tiempos recientes también se han introducido por lo menos dos especies de la tilapia africana *Oreochromis* spp. (Cichlidae) y tres poecílicos: *Xiphophorus variatus*, *Poecilia sphenops* y el gupi sudamericano exótico *Poecilia reticulata*, además de otra carpa asiática, *Ctenopharyngodon idella* (Álvarez y Navarro, 1957; Espinosa-Pérez et al., 1993).



FIG. 4. Pesca con red agallera desde la lancha en la Cantera Oriente.

Métodos

De febrero de 2007 a febrero de 2008 se recolectaron peces de las familias Goodeidae y Cyprinidae en los cuerpos de agua de la Cantera Oriente. El fin de dichas colectas de ejemplares fue extirpar las dos especies de carpas de los pequeños lagos. Los peces se capturaron por medio de redes de arrastre (chinchorros) de 30 m con una luz de malla de 0.5 cm, y redes agalleras de 100 m con aberturas de luz de malla entre 5 y 25 cm (Fig. 4). Los peces nativos y autóctonos de la familia Goodeidae se regresaron vivos a los lagos de la Cantera, mientras que las carpas fueron extraídas y utilizadas en la enseñanza y la investigación, principalmente sobre parasitología (véase Mendoza-Palmero *et al.*, 2007).

Resultados y discusión

Hasta el momento se han capturado 475 carpas, sumando los ejemplares de las dos especies, lo que representa más de 275 kg de pescados de tallas que van de los 50 a los 740 mm de longitud, y de 17 g a 4.4 kg de

peso (Fig. 5). Esto nos revela dos resultados importantes. El primero es que las carpas se están reproduciendo exitosamente en la Cantera Oriente. De acuerdo con estudios preliminares, la carpa común llega a la madurez sexual a los dos años de edad, con una talla de aproximadamente 250 mm en hembras. De acuerdo con Schofield *et al.* (2005), los machos llegan a la madurez sexual al primer año de edad en zonas tropicales. Las hembras de la carpa herbívora llegan a la madurez sexual a los tres años de edad y una talla aproximada de 280 mm; de acuerdo con esta misma autora, en zonas tropicales los machos también, se pueden reproducir desde el primer año de vida.

El segundo resultado importante es que la carpa común se reproduce dos veces al año, durante los meses de marzo y de octubre y noviembre, se desconoce cuándo es la época de reproducción de la carpa herbívora, ya que sólo se han encontrado juveniles y adultos. Dado el esfuerzo pesquero que se ha realizado, que no ha sido muy intenso (la pesca se lleva a cabo sólo una vez a la semana y se hace con fines didácticos), se espera avanzar en extirpar las carpas en otro periodo similar al ya realizado.



FIG. 5. Ejemplar de *Cyprinus carpio* de 534 mm de longitud, capturado en la Cantera Oriente.

También se ha iniciado la búsqueda de poblaciones de las especies nativas en otras regiones del altiplano, como Xochimilco y Tlahuac, con el objeto de introducir ejemplares a los lagos de la Cantera Oriente. Hasta el momento se tiene la posibilidad de introducir charales

de las especies *Menidia humboldtianum* y *M. regani*, así como carpitas de la especie *Algansea tincella* y mexcalpiques de las dos especies nativas, *Girardinichthys multiradiatus* y *G. viviparus*.

Agradecimientos

Deseo hacer patente mi agradecimiento a Antonio Lot por la invitación a participar en el proyecto de la Cantera Oriente, así como reconocer todas las facilidades y ayuda proporcionada por el Biól. Francisco M. Martínez, encargado de este sitio.

Literatura citada

- ÁLVAREZ, J. 1984. Comentarios sobre los animales acuáticos. Pp. 253-256, en: Obras completas de Francisco Hernández, tomo 7: Comentarios a la obra de Francisco Hernández. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ÁLVAREZ, J. Y L. NAVARRO. 1957. Los peces del Valle de México. Secretaría de Marina y Comisión para el Fomento de la Piscicultura Rural, México.
- ARENAS, F. V. Y E. G. DE LA LANZA. 1978. Muerte masiva de los peces del Vivero Alto de Ciudad Universitaria, México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Zoología*, **49**(1): 285-290.
- LÓPEZ, C. J. Y C. CÓRDOVA F. 2007. Cuicuilco. Mini guía editada por el INAH. <http://www.cnca.gob.mx/cnca/inah/zonarq/cuicuilco.html>
- DOMÍNGUEZ-DOMÍNGUEZ, O., N. MERCADO-SILVA, J. LYONS Y H. J. GRIER. 2005. The viviparous goodeid fishes. Pp. 525- 569, en: Uribe, M.C. y H.J. Grier (eds.). Viviparous fishes. New Life Publications, México.
- EZCURRA, E. 1990. De las chinampas a la megalópolis. El medio ambiente en la cuenca de México. Fondo de Cultura Económica, México.
- ESPINOSA-PÉREZ, H., M.T. GASPAR Y M. P. FUENTES. 1993. Listados faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MENDOZA-PALMERO C. A., H. ESPINOSA-PÉREZ Y G. SALGADO-MALDONADO. 2007. Helmintos parásitos de peces dulceacuícolas de la Cantera Oriente, Reserva del Pedregal de San Ángel, México. Pp 179- 191, en: Lot, A. (Coord.). Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- SHAFER, C. L. 1990. Nature reserves. Island theory and conservation practice. Smithsonian Institution, Washington.
- SCHOFIELD J. P., J. D. WILLIAMS, L. G. NICO, P. FULLER Y M. R. THOMAS. 2005. Foreign nonindigenous carps and minnows (Cyprinidae) in the United States, A guide to their identification, distribution, and biology. U.S. Dept. of the Interior, U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5041.

Contribución a la historia natural de *Crotalus molossus*

Carlos Jesús Balderas-Valdivia, Daniel Barreto-Oble y Carlos Augusto Madrid-Sotelo

Laboratorio de Biodiversidad, Dirección General de Divulgación de la Ciencia,

Universidad Nacional Autónoma de México

cjbv@servidor.unam.mx

Introducción

Crotalus molossus (Baird y Girard, 1853), llamada comúnmente “víbora de cascabel de cola negra”, es una serpiente moderadamente venenosa de la familia Viperidae, y es la única de esta familia, que habita la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (en lo sucesivo, Reserva del Pedregal). El nombre de la especie hace referencia a los bozales redondeados de los perros de cacería que son famosos en una región llamada Molossus en Epirus, Grecia. Esta especie es una de las que tiene mayor ámbito de distribución geográfica, que va desde el sur de los Estados Unidos, hasta la región central del estado de Oaxaca en México. Hasta el momento, se reconoce que la población de *C. molossus* se compone al menos de cuatro variedades o subespecies: *C. m. molossus* que se distribuye en la zona suroeste de Estados Unidos y noroeste de México; *C. m. estebanensis* que habita la isla de San Esteban en el Golfo de California; *C. m. nigrescens* distribuida en la altiplanicie central de México y en la que se incluye la variedad que habita la Reserva del Pedregal; y finalmente, *C. m. oaxacus* que se encuentra en la zona central de Oaxaca y Puebla (Campbell y Lamar, 2004).

Este trabajo presenta los aspectos más relevantes de la historia natural de esta especie en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria.

Descripción

Esta especie de serpiente mantiene una variación clinal moderada, principalmente de norte a sur, donde las poblaciones nortteñas muestran colores más claros que las del sur. Además, suelen encontrarse poblaciones melanísticas asociadas a zonas volcánicas de rocas oscuras (Prieto y Jacobson, 1968; Best y James, 1984), lo cual no ocurre en la Reserva del Pedregal, cuyo sustrato dominante es un basalto volcánico oscuro. En este sitio *Crotalus molossus* mantiene una variada coloración del fondo del cuerpo, que va del negro al verde o café oscuro, pero que contrasta con los dibujos romboides o de diamante de color amarillento en el dorso, y en el centro de los rombos puede haber manchas claras (Fig. 1). La coloración relativamente más clara de la víbora de cascabel de cola negra puede deberse a que el Pedregal sostiene una vegetación muy densa con elementos florísticos muy diversos que mantienen una gran variación en el paisaje (Castillo *et al.*, 2007), lo cual no es propicio para que se mantenga una condición melánica en estas serpientes como sucede en otras poblaciones (ver Best y James, 1984). Un ejemplo de lo anterior es la serpiente mostrada en la figura 2, cuyo aspecto y coloración se confunde con el entorno del paisaje del sitio en la temporada de secas.

La cascabel de cola negra que habita la Reserva del Pedregal tiene una talla relativamente mediana con respecto a otras serpientes del género, pues su longitud total promedio es de 904.8 mm (rango: 525-1270 mm; Apéndice 1), el cual es reducido en comparación



FIG. 1. Aspecto y variación de la coloración dorsal de seis ejemplares de la víbora cascabel de cola negra *Crotalus molossus* de la Reserva del Pedregal. Foto: D. Barreto-Oble.

Apéndice 1. Medidas y características morfológicas de siete ejemplares de *Crotalus molossus* de la Reserva del Pedregal. M = macho, H = hembra. LHC = longitud hocico cloaca, LT = longitud total. El número de escamas supra e infra labiales se presentan en el orden izquierda-derecha (I-D). El número de escamas dorsales es el que se cuenta a la mitad del cuerpo.

Sexo	LHC (mm)	LT (mm)	Número de escamas				
			Ventrales	Caudales	Dorsales	Supralabiales I-D	Infralabiales I-D
M	490	525	169	24	25	15-16	15-16
M	615	663	167	24	25	15-16	16-17
H	640	696	169	23	25	17-16	17-17
H	720	760	181	16	25	16-17	15-16
H	1180	1255	174	21	25	14-15	15-15
H	1008	1165	178	16	25	15-16	15-15
M	1180	1270	174	22	25	15-15	14-15

con *C. basiliscus* que alcanza más de 2000 mm (Klauber, 1972); pero es más grande que la talla de *C. triseriatus*, que no sobrepasa los 700 mm (Campbell y Lamar, 2004). Por otra parte, el número de escamas que tienen es mayor que la que poseen otras poblaciones de *C. molossus* en la Cuenca de México (Uribe-Peña *et al.*, 1999): la población del Pedregal tienen en promedio 174.6 escamas ventrales (rango:167-191), 20.8 caudales (rango:16-24) y 25 dorsales.

Dieta

La revisión de muestras estomacales de varios ejemplares de la cascabel de cola negra colectados en el Pedregal indican que su dieta está basada en diferentes animales vertebrados, entre los que se encuentran roedores como *Rattus sp.*, *Neotoma sp.* y *Spermophilus sp.*; y probablemente también *Peromyscus sp.* (por mantener una gran abundancia), lagartijas como *Sceloporus torquatus* y *S. grammicus*, así como algunas aves pequeñas. Las observaciones sugieren que los roedores constituyen la dieta principal de las serpientes adultas, mientras que en los juveniles se detecta con más frecuencia restos de lagartijas, lo cual concuerda con datos obtenidos de serpientes de esta especie en el suroeste de los Estados Unidos (Werler y Dixon, 2000). También es

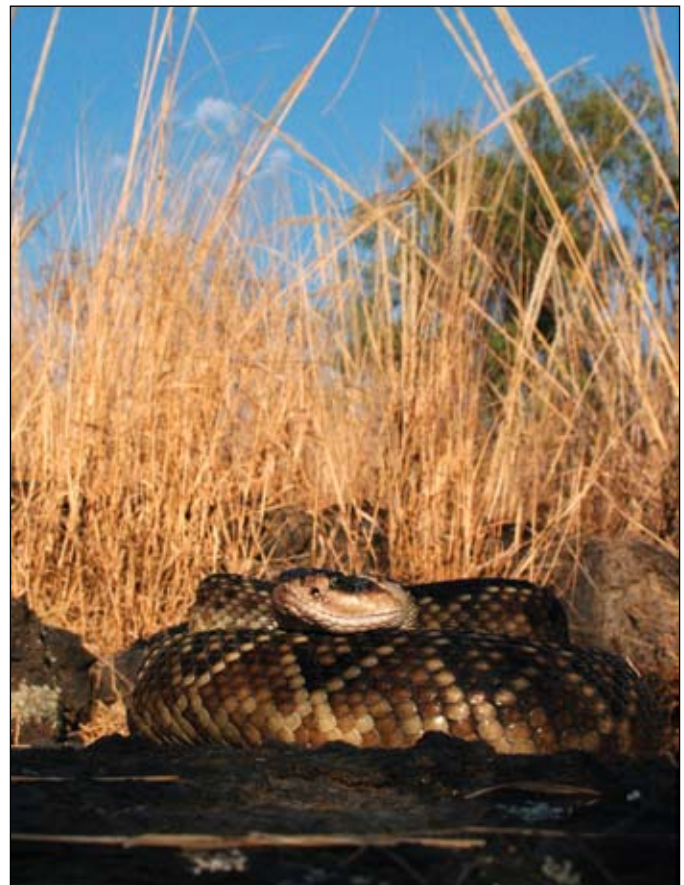


FIG. 2. Ejemplar de *Crotalus molossus* y aspecto del matorral xerófilo de la Reserva del Pedregal en la época de secas. Foto: D. Barreto-Oble.

Apéndice 2. Promedio de rasgos reproductivos de dos hembras de *Crotalus molossus* de la Reserva del Pedregal. LHC = longitud hocico-cloaca, TP = tamaño de puesta. Entre paréntesis se presenta el rango.

Hembra	LHC (mm)	TP	Folículos		
			Largo (mm)	Ancho (mm)	Masa (g)
1	985	10	43.5 (30-51)	30 (22-36)	15.7 (10-20)
2	1010	11	42.6 (35-50)	29.3 (23-35)	14.81 (12-18)

probable que *C. molossus* incorpore en su dieta a crías de tlacuaches (*Didelphis virginiana*) y conejos (*Sylvilagus floridanus*), pues la talla de estos mamíferos corresponden a las dimensiones de las presas anteriormente corroboradas. Es notable que una cantidad considerable de avistamientos de la víbora de cascabel sea en lugares donde se detecta actividad antropógena, como por ejemplo, en edificaciones y cerca de los basureros a los que acuden varias especies de roedores.

Reproducción

Es en el verano cuando se han observado machos combatiendo por el acceso a las hembras fértiles en la Reserva del Pedregal, lo cual marca el preámbulo de la época de reproducción. En agosto de 2005 se observó a una pareja de cascabeles copulando continuamente al menos por 3 h en un atardecer caluroso. Durante la temporada reproductiva, machos y hembras de varias especies de serpientes, incluidas las víboras de cascabel, se mantienen juntas únicamente el lapso de tiempo necesario para copular, después de lo cual se separan. Sin embargo, Greene (1990) al seguir con métodos radiotelemétricos a una pareja de *Crotalus molossus*, notó que ésta permaneció junta varias semanas después de aparearse hasta el momento de entrar en letargo invernal. Él sugiere que el macho puede permanecer con la hembra durante este tiempo para evitar la cópula con otro macho. Aunque no ha sido posible verificar el mismo comportamiento en el Pedregal, se sabe que las hembras pueden conservar el esperma hasta que los folículos obtienen la condición fértil, de modo que las crías nacen hasta el siguiente año durante la próxima temporada lluviosa.

Como todos los vipéridos, las serpientes de cascabel de

cola negra dan a luz a crías vivas. Sin embargo, son pocos los datos reproductivos que se conocen sobre esta serpiente en el Pedregal; hasta ahora se ha registrado en la literatura que una hembra puede tener un tamaño de puesta de nueve crías (Sánchez-Herrera, 1980).

Tanto Armstrong y Murphy (1979) como Werler y Dixon (2000) han estudiado los nacimientos y crías de *C. m. molossus* y *C. m. nigrescens* que habitan en el noroeste y centro de México, donde el apareamiento se observa en la primavera y el nacimiento de las crías ocurre entre junio y agosto. En *Crotalus m. molossus* se registraron 6.7 crías por puesta (rango: 3-16), en tanto que *C. m. nigrescens* registró en promedio un tamaño de puesta de 10.5 crías (rango: 5-16). Los neonatos de *C. m. molossus* tuvieron bandas oscuras en la cola y midieron en promedio 272.5 mm de longitud total (rango: 229-316) y pesaron entre 26.6 g (rango: 7.9-25.4 g).

En la Reserva del Pedregal y durante el verano de los años 2002 y 2007 se observaron a dos hembras abortivas, una de la cuales tuvo un tamaño de puesta de 10 y la otra de 11, esto con base en el número de folículos vitelogénicos que tenían (Apéndice 2).

La cascabel de cola negra puede vivir poco más de 15 años (Bowler, 1977). En el Pedregal se ha observado un ejemplar marcado con cuentas de chaquira que lleva viviendo 9 años en la Zona de Amortiguamiento A4 Senda Ecológica.

Patrones de actividad y comportamiento

La serpiente de cascabel que habita en el Pedregal de San Ángel es una especie principalmente diurna; sin embargo, en mayo de 1999 y 2006 se observaron dos ejemplares adultos cerca de las 21:00 h, aspecto que no ha sido previamente reportado, pues en la literatura sólo se señalan periodos de actividad crepusculares para la especie en la Cuenca de México (Uribe-Peña *et al.*, 1999). En otras latitudes, la actividad en el verano y el otoño es principalmente diurna, mientras que puede ser nocturna en los meses más cálidos del verano (Armstrong y Murphy, 1979).

Por otro lado, en observaciones quincenales en los periodos invernales en los años 2006 y 2007 durante los meses de diciembre a febrero, no se han observado ejemplares activos en el Pedregal, lo que sugiere que una cuarta parte del año, la especie se mantiene en un período de letargo. Cabe señalar que se especula que ocasionalmente las serpientes llegan a salir de sus refugios en la temporada fría cuando transcurren varios días soleados, por lo que es evidente que se requieren estudios al respecto.

Se sabe que no toda la actividad de la serpiente de cascabel se restringe al suelo, debido a que ésta suele trepar, incluso se ha registrado que puede subir a alturas de los 2 a los 3 m, pernoctando sobre arbustos y árboles (Ernst, 1992).

No se ha observado esta habilidad en las serpientes de cascabel adultas del Pedregal; sin embargo, ya se ha visto que ejemplares juveniles pueden subir sobre la vegetación por casi un metro de altura tanto en reposo, como cuando se les intenta capturar (Z. Cano-Santana y C.J. Balderas-Valdivia, obs. pers.).

Los patrones de actividad de la serpiente de cascabel de cola negra han sido estudiados por métodos radiotelemétricos, en los que se observa que las serpientes tienen en promedio un ámbito hogareño de 3.5 ha, se desplazan aproximadamente 43 m por día durante la temporada activa y en promedio pueden viajar hasta 15 km en una sola temporada (Beck, 1995). En la Reserva del Pedregal, los estudios preliminares usando métodos de radiotelemedría por implantación intraperitoneal

(Madrid-Sotelo y Balderas-Valdivia, 2008) indican que el principal periodo de actividad es durante los meses de marzo a noviembre, pero es en la temporada seca, de marzo a mayo, cuando recorren mayores distancias (A. Parra-Cesari, obs. pers.), de modo que pueden trasladarse de una zona de amortiguamiento a otra; no así entre las zonas núcleo Oriente y Poniente, esto debido a la barrera física que constituye la Avenida de los Insurgentes. Lo anterior significa que por temporada, un individuo no se desplaza más de 5 ha en cada una de las zonas núcleo de la Reserva.

Crotalus molossus es una especie poco agresiva (Uribe-Peña *et al.*, 1999; Werler y Dixon, 2000). De 14 ejemplares observados en el Pedregal de 1999 hasta 2007, solamente el 14.3 % mostró una conducta defensiva ante la presencia humana a menos de un metro de distancia de observación en varias horas del día. La mayoría de ellas enrollan su cuerpo, se mantienen inmóviles o escapan debajo de las rocas o hacia los arbustos al sentirse amenazadas. Estos ejemplares tampoco vibraron el cascabel ni intentaron atacar al observador. En los ejemplares que mostraron una conducta defensiva, ésta consistió en agitar el cascabel, enrollar la parte posterior del cuerpo, levantar la parte anterior en forma de "S", dirigir la cabeza con la boca abierta proyectando los colmillos al observador, sisear y conducir el ataque cuando el observador se aproximó más o menos a 80 cm. Esto concuerda con los registros de Z. Cano-Santana (com. pers.), quien ha tenido diez avistamientos con víboras de cascabel entre 1990 y 2008, todos en la Zona Núcleo Poniente, y sólo dos de ellas tuvieron una conducta defensiva agitando el cascabel, en tanto que sólo una levantó la parte anterior en forma de "S", al estar a 1.5 m de distancia.

Los adultos de la cascabel de cola negra presentan colmillos de 9.6 a 13.5 mm de largo (Klauber, 1972) y el veneno tiene propiedades fuertemente hemorrágicas. El rendimiento promedio del veneno es de 0.60 ml (180 mg peso seco) cuando se ordeña a la serpiente, y el rendimiento promedio total de veneno seco por adulto es de 286 mg (Klauber, 1972). Los estudios electroforéticos del veneno de esta cascabel que se han realizado muestran que el veneno de *Crotalus molossus* se relaciona con el de *C. scutulatus*, *C. tigris* y *C. horridus* (Foote y MacMahon, 1977).



FIG. 3. Comparación de un colmillo de *Crotalus molossus* que eyecta veneno (□) con respecto a otro ejemplar que no presenta esta posibilidad (■). lc = longitud del colmillo (mm); lo = longitud del orificio de descarga (mm). Foto E. Navarrete Arauza.

No obstante que la víbora de cascabel de cola negra no muestra una conducta agresiva frecuente, se han documentado aspectos atípicos sobre su conducta defensiva y su efecto tóxico en humanos. Es poco frecuente, pero muy notable, que algunos individuos de *C. molossus* pueden eyectar el veneno hacia el rostro del agresor potencial (Madrid-Sotelo y Balderas-Valdivia, en prensa), conducta que recuerda el mismo comportamiento de algunos géneros como *Naja* y *Hemachatus* (Elapidae) conocidos comúnmente como “cobras escupidoras” (Pough *et al.*, 2001).

La conducta de eyectar o escupir el veneno (en inglés, “spitting behavior”) ha sido observada en dos ejemplares de *C. molossus* de la Reserva del Pedregal y también en dos ejemplares de *C. atrox*. De estos dos últimos, uno en la zona oriental de la altiplanicie mexicana (F. Soberón, com. pers.) y otro del estado de San Luis Potosí (C.J. Balderas-Valdivia, obs. pers.). Sobresale el hecho de que para ninguna especie de vipérido se han documentado estas observaciones, incluyendo a la especie de cascabel de cola negra que ha causado la intoxicación en un humano cuando éste recibió por eyección una descarga de veneno en sus ojos y que tuvo efectos

de envenenamiento por siete días (Madrid-Sotelo y Balderas-Valdivia, en prensa). Lo anterior llevó a realizar un estudio comparativo, en el que se revela la existencia de factores anatómicos que favorecen la conducta de eyectar el veneno en algunos individuos. El estudio corroboró que al comparar los colmillos de longitudes semejantes (Fig. 3) de la serpiente de cascabel escupidora (12.9 mm) con los de otra serpiente no escupidora (13 mm), hay una reducción en la longitud del orificio de descarga del veneno (serpiente escupidora = 2.4 mm; serpiente no escupidora = 2.9 mm). Finalmente, se verificó el paso diferencial de fluidos a través de ambos tipos de colmillos, adaptando para ello una jeringa de plástico a través de la cual se hizo pasar agua a presión por éstos. En el experimento se observó que efectivamente los colmillos de la serpiente de cascabel escupidora proyectaron el líquido en un ángulo casi perpendicular al orificio de salida y al mismo colmillo (hacia el frente), mientras en los colmillos normales el agua fluyó en ángulo oblicuo (hacia abajo, es decir hacia la punta del colmillo).

Agradecimientos

Se agradece profundamente el apoyo recibido por nuestros amigos, compañeros y colegas: Antonio Lot, Alfredo Parra, Julia Tagüeña, Pilar López, Concepción Ruiz, Zenón Cano, Gabriela Guzzy y la Sociedad Herpetológica Mexicana, A. C. por sus diversas contribuciones, revisión y comentarios a este trabajo. A la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales por los permisos de colecta SGPA/DGVS/02596/08 y SGPA/DGVS/03596/08.

Literatura citada

- ARMSTRONG, B. L. Y J. B. MURPHY. 1979. The natural history of Mexican rattlesnakes. University of Kansas of the Museum of Natural History, *Special Publications*, **5**: 1-88.
- BAIRD, S. F. Y C. GIRARD. 1853. Catalogue of North American reptiles in the Museum of the Smithsonian Institution Washington. Part I Serpents. Smithsonian Institution, Washington.
- BECK, D. 1995. Ecology and energetics of three sympatric rattlesnakes species in the Sonoran desert. *Journal of Herpetology*, **29**: 211-223.
- BEST, T. L. Y H. C. JAMES. 1984. Rattlesnakes (*genus Crotalus*) of the Pedro Armendariz lava field, New Mexico. *Copeia*, **1984**(1): 213-215.
- BOWLER, J. K. 1977. Longevity of reptiles and amphibians in North America collections. *Herpetological Circulars*, **(6)**: 1-32.
- CAMPBELL, J. Y W. LAMAR. 2004. The venomous reptiles of the Western hemisphere. Cornell University Press, Nueva York.
- CASTILLO-ARGÜERO, S., Y. MARTÍNEZ OREA, M. A. ROMERO ROMERO, P. GUADARRAMA CHÁVEZ, O. NÚÑEZ CASTILLO, I. SÁNCHEZ GALLÉN Y J.A. MEAVE. 2007. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, aspectos florísticos y ecológicos. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ERNST, C. H. 1992. Venomous reptiles of North America. Smithsonian Institution Press, Washington.
- FOOTE, R. Y J. A. MACMAHON. 1977. Electrophoretic studies on rattlesnake (*Crotalus* and *Sistrurus*) venom: taxonomic implications. *Journal of Biochemistry and Physiology*, **57B**: 235-241.
- GREENE, H. W. 1990. A sound defense of the rattlesnake. *Pacific Discovery*, **43**(4):10-19.
- KLAUBER, L. M. 1972. Rattlesnake: Their habits, life histories, and influence on mankind. University of California Press, Berkeley.
- MADRID-SOTELO, C. A. Y C. J. BALDERAS-VALDIVIA. 2008. Técnicas de colocación de radiotransmisores en serpientes. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana*, **16** (1): 5-12.
- MADRID-SOTELO, C. A. Y C. J. BALDERAS-VALDIVIA. En prensa. *Crotalus molossus nigrescens* (Mexican black tailed rattlesnake). Behavior Herpetological Review.
- POUGH, F. H., R. M. ANDREWS, J. E. CADLE, M. L. CRUMP, A. H. SAVITZKY Y K. D. WELLS. 2001. Herpetology. Prentice Hall, Upper Saddle River, N. J.
- PRIETO, A. A. Y E. R. JACOBSON. 1968. A new locality for melanistic *Crotalus molossus molossus* in Southern New Mexico. *Herpetologica*, **24**(4): 339-340.
- SÁNCHEZ-HERRERA, O. 1980. Herpetofauna of the Pedregal de San Ángel. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society*, **16**(1): 9-18.
- URIBE-PEÑA, Z., A. RAMÍREZ-BAUTISTA Y G. CASAS ANDREU. 1999. Anfibios y reptiles de las serranías del Distrito Federal, México. Cuadernos 32. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- WERLER, J. E. Y J. R. DIXON. 2000. Texas snakes. Identification, distribution and natural history. University of Texas Press, Austin.

Ecología del cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*)

Gabriela Castellanos Morales, Natalia García Peña y Rurik List

Instituto de Ecología,
Universidad Nacional Autónoma de México
rlist@ecologia.unam.mx

Introducción

Una de las principales causas de la pérdida de la diversidad biológica la constituye la destrucción y fragmentación de los ambientes naturales, por lo que la protección mediante el establecimiento de áreas protegidas o reservas es una de las estrategias más importantes para la conservación (Noss y Csuti, 1997; Riley *et al.*, 2003). Las reservas urbanas representan paisajes alterados ya que la conectividad con otras áreas de vegetación natural se ha perdido, los efectos de borde son pronunciados y muchos de los procesos ecológicos y especies han desaparecido (McKinney, 2002), sin embargo, su importancia es fundamental porque representan relictos de comunidades que, de lo contrario, hubieran desaparecido. En los sistemas urbanos, ciertos recursos, como el alimento, pueden ser muy abundantes y concentrados en parches (Prange *et al.*, 2004), por lo que el impacto de la urbanización sobre la biota nativa es muy fuerte (McKinney, 2002).

Los carnívoros, y principalmente los de gran tamaño, suelen estar dentro de las primeras especies en desaparecer ante los disturbios (Beissinger y Osborne, 1982; Friesen *et al.*, 1995; Woodroffe y Ginsberg, 1998; Crooks, 2002), por lo que se consideran especies indicadoras de la salud de los ecosistemas (Dugelby *et al.*, 2001; Tigas *et al.*, 2002; Randa y Yunger, 2006; Markovchick-Nichols *et al.*, 2007). Sin embargo, algunas especies de carnívoros medianos y pequeños pueden persistir en áreas alteradas, éstas suelen ser generalistas y oportunistas, son tolerantes a la perturbación e incluso pueden ser parcialmente beneficiadas por la degradación del hábitat, lo que les permite vivir en zonas rurales e incluso

urbanas, aprovechando la reducción de los depredadores naturales y la presencia de animales domésticos y cultivos agrícolas como fuente de alimento. Dentro de los carnívoros, los cánidos y prociónidos hay especies que se han reportado como beneficiadas por la construcción de urbes y la destrucción del hábitat natural por el humano, como es el caso del coyote (*Canis latrans*), la zorra roja (*Vulpes vulpes*), la zorra del desierto (*Vulpes macrotis*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el mapache (*Procyon lotor*) y el cacomixtle (*Bassariscus astutus*) (Leopold 1959; Fritzell y Haroldson, 1982; Crooks, 2002; McKinney, 2002; Bol'shakov *et al.* 2004).

Las zonas protegidas dentro de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA) se encuentran en constante amenaza debido al crecimiento urbano y a la ampliación de la infraestructura universitaria, además de la introducción de flora y fauna exótica como el eucalipto y los perros y gatos ferales. La reducción en el área que ocupaba el Pedregal ha llevado a la extinción de diez de las 34 a 37 especies de mamíferos registradas históricamente en el área (Soberón *et al.* 1991; Negrete y Soberón, 1994; Chávez-Tovar, 1998). La permanencia de la REPSA es de importancia fundamental para la persistencia del cacomixtle y la zorra gris en la ciudad de México, y representa un sitio excelente para el estudio de la ecología de estos carnívoros medianos en condiciones urbanas. Además, como consecuencia de la fragmentación del hábitat, se ha observado que la diversidad biológica se encuentra en paisajes alterados de manera creciente y su conservación en estos sitios tiene gran relevancia (Daily *et al.*, 2001; Ceballos y List, 2008).

En este trabajo se busca obtener información sobre la ecología que permita determinar las necesidades para la permanencia de las zorras grises y los cacomixtles en la REPSA, en particular (1) el tamaño del área de actividad, (2) el uso de hábitat, y (3) los hábitos alimentarios.

Métodos

La captura de carnívoros se llevó a cabo mediante trampas de caja (Tomahawk) colocadas en la Zona Núcleo Poniente de la REPSA (Fig. 1) y en los camellones del Circuito Exterior de Ciudad Universitaria de esta misma zona. Los individuos capturados fueron anestesiados con una combinación de 0.1ml/kg de ketamina y 0.01 ml/kg de xilacina (Ponds y O’Gara, 1996; Evans, 2002). A cada individuo capturado se le tomaron los datos merísticos estándar y se les colocó un arete metálico numerado, para su posterior identificación. A los adultos también se les colocó un collar equipado con un radio-trasmisor en frecuencia VHF (164 Mhz). Para llevar a cabo el seguimiento de los individuos con radio-collares, se utilizaron dos antenas de cuatro elementos con sistema pico-nulo; una antena fija colocada en el techo del Instituto de Ecología de la UNAM y otra montada en un vehículo que se estacionaba sobre el circuito exterior frente a los campos de prácticas deportivas de Ciudad Universitaria. La localización de los individuos se llevó a cabo mediante la toma simultánea del azimut desde cada estación de telemetría, entre las 21:00 y las 06:00 h. La radio-interferencia (estática e interferencia causada por radios de dos vías de la policía, ambulancias, aviones, helicópteros y otros) de la ciudad hizo imposible seguir a los animales marcados durante las horas del día.

La triangulación de las lecturas de radio-seguimiento se realizó en el programa Tracker 1.1 y se analizaron con la extensión para el análisis de movimiento animal del programa ArcView 3.1 (ESRI). El área de actividad se obtuvo con los métodos Kernel Fijo y Polígono Mínimo Convexo (PCM), ambos con el 95% de los datos. La densidad de cada especie se estimó tomando la suma del PMC de todos los individuos de cada especie como base para calcular el número de individuos por kilómetro cuadrado, utilizando el Geoprocessing Wizard de ArcView.

Para determinar el uso de hábitat, se elaboró un mapa de los hábitats de la zona oeste de la REPSA y de Ciu-



FIG 1. Sitios de captura de zorras grises y cacomixtles en la Zona de Amortiguamiento (A8) y en la Zona Núcleo Poniente de la REPSA.

dad Universitaria, considerando seis hábitats diferentes (Castellanos y List, 2005, Castellanos *et al.*, 2008): 1) *Urbano*: áreas donde el ambiente ha sido completamente transformado, está dominado por casas y existe actividad humana las 24 h del día. 2) *Caminos*: áreas donde el ambiente ha sido completamente transformado, la vegetación natural ha sido reemplazada por pavimento o terreno compacto y las actividades humanas son únicamente diurnas. 3) *Jardines y campos*: áreas ocupadas por los campos de prácticas de actividades deportivas y los campos de cultivo de pastos dentro del Jardín Botánico. 4) *Edificios*: son las instalaciones de la Universidad como institutos, invernaderos y construc-

ciones pequeñas como paradas de autobús, que se localizan principalmente fuera de la Reserva y donde la actividad humana es muy reducida durante la noche. 5) *Perturbado*: áreas que mantienen algunas características del Pedregal, pero también se encuentran árboles introducidos, como el *arboretum* del Jardín Botánico Exterior y los camellones del Circuito Exterior. 6) *Pedregal*: área con vegetación natural. La utilización del hábitat nos sirve para determinar la importancia que tiene un hábitat en particular para una población y nos proporciona una idea de la sensibilidad de la población a la fragmentación (White y Garrott, 1990). Para estimarla se calculó la superficie de cada hábitat (disponibilidad) y se determinó el número de radio-localizaciones de cada individuo en cada hábitat (White y Garrott, 1990), determinando la proporción de hábitats o ambientes utilizados en relación a su disponibilidad (uso diferencial). Mediante una prueba de X^2 y una prueba de Z de Bonferroni se determinó si el uso diferencial era significativamente mayor o menor al esperado, de acuerdo a su disponibilidad.

La alimentación de los carnívoros se determinó mediante el análisis de contenidos de excrementos, los cuales fueron colectados en caminos y veredas de la Reserva y en sitios donde se localizaron letrinas de ambas especies. Los excrementos se identificaron de acuerdo al tamaño, forma y olor (Aranda, 2000). Para identificar los componentes alimentarios, los excrementos fueron desmenuzados a mano, separando los componentes en fragmentos óseos, pelos, semillas, exoesqueletos de artrópodos y materiales no alimenticios como papel, plástico y aluminio. Los componentes fueron cuantificados en un análisis de presencia-ausencia y se obtuvo la frecuencia de ocurrencia ($FO = (f_i/N)100$) y la frecuencia relativa ($FR = (f_i/\sum f_i)100$) de cada uno, donde f_i es el número de apariciones de cada elemento i que compone al excremento y N es el número total de excrementos colectados. Los restos se clasificaron en las siguientes categorías: plantas, mamíferos, aves, artrópodos, material no alimentario y material no identificado. La identificación de los pelos se realizó en un microscopio, identificando hasta la categoría de género. Los restos óseos de mamíferos fueron identificados por el M. en C. Juan Cruzado. Las semillas fueron analizadas e identificadas en el Herbario Nacional por la M. en C. Martha Olvera.

Resultados y discusión

Captura

Los únicos carnívoros nativos que cayeron en las trampas fueron los cacomixtles y las zorras grises. Durante el estudio no se registraron las otras especies de carnívoros reportadas para la REPSA: zorrillos (*Mephitis macroura* y *Spilogale gracilis*) y comadrejas (*Mustela frenata*) (Negrete y Soberón, 1994), aunque estudios posteriores han comprobado la persistencia de los zorrillos en la REPSA (H. Bárcenas, com. pers.). La fauna silvestre de la REPSA ha sido reducida, pues ya ha perdido cuatro especies de carnívoros históricamente reportadas: el coyote (*Canis latrans*), el puma (*Puma concolor*), el mapache (*Procyon lotor*) y el coatí (*Nasua nasua*), y aunque estas especies, excepto el puma, han sido reportadas como parte de la fauna urbana en otros sitios, el tamaño de la REPSA y la conectividad con otras reservas es insuficiente para mantenerlas. Aunque, debido al reducido tamaño de la REPSA, es notable que soporte a una población de zorra gris, ya que el área de actividad más pequeña reportada para la especie es de 384 ha en áreas suburbanas residenciales (Harrison, 1997) y la reserva tiene una extensión de sólo 237 ha distribuidas en parches discontinuos, que en apariencia es insuficiente para mantener una población viable de esta especie.

Entre el 29 de abril de 2002 y el 15 de julio de 2003 se capturaron siete individuos de zorra gris (tres machos y tres hembras adultos, y una hembra joven) y 11 de cacomixtle (ocho machos y una hembra adultos, y un macho y una hembra jóvenes). El peso promedio de los machos de zorra gris fue de 4.7 ± 0.6 kg, y las hembras 4.3 ± 0.1 kg, que se encuentra dentro del rango reportado para la especie (Servín y Chacón, 2005).

Para estimar el peso promedio de los cacomixtles de la REPSA se incluyó la información de captura de 11 individuos adicionales; cinco machos y seis hembras (Suzan-Aspiri, 1998). El peso promedio de los cacomixtles machos fue de 1.6 ± 0.1 kg, el peso promedio de las hembras fue de 1.3 ± 0.2 kg, sin observar diferencias significativas entre los sexos. Este peso es mayor al reportado para la especie (Trapp 1978; Toweill y Teer, 1980; González-Saldívar, 1982; Poglayan-Neuwall y Toweill, 1988; Trapp

y Wyatt, 1997;). Para comprobar si el mayor peso de los cacomixtles del Pedregal tiene que ver con el sitio, se compararon con datos de otras poblaciones. No se encontraron diferencias significativas entre los individuos del Pedregal y el Desierto de los Leones (1.5 kg), uno de los bosques que rodean la ciudad de México, pero sí con los de Nuevo León (*B. astutus flavus*: 0.82 kg) y con los de una población de California (0.9 ± 0.1 kg hembras y 1.1 ± 0.1 kg machos; G.Trapp com. pers.; Castellanos-Morales, 2006). La diferencia de pesos puede deberse a una mayor disponibilidad de recursos alimenticios en la REPSA y el Desierto de los Leones, por los desechos antropogénicos, o bien, a diferencias entre subespecies (*B. a. astutus* vs. *B. a. flavus*). Sin embargo, no existe suficiente información publicada sobre cacomixtles urbanos o sobre las dos subespecies para llegar a una conclusión definitiva.

Área de actividad y densidad

Las áreas de actividad tanto para zorra gris como para el cacomixtle fueron muy reducidas, de hecho para la zorra gris se trata del área de actividad reportada más pequeña en un ambiente residencial suburbano al compararla con el área de actividad de 384 ha reportada por Harrison (1997). El área de actividad promedio calculada con Kernel para las hembras de zorra gris fue de 25.8 ha, mientras que para los machos fue de 34.4 ha. El área de actividad promedio calculada con PMC fue de 37 ha para las hembras y 55.6 ha para los machos (Castellanos *et al.*, 2008). La suma de las áreas de actividad de todos los individuos ocupaban 66.6 ha de la REPSA.

Para los cacomixtles, éste representó el primer estudio con telemetría en la especie para un ambiente urbano. El área de actividad promedio calculada con Kernel fijo para los machos de cacomixtle adulto fue de 9.2 ± 0.08 ha, y el juvenil tuvo un área de actividad de 3.1 ha (Castellanos *et al.*, en prensa). El PMC para tres cacomixtles macho adultos fue de 7.8 ± 1.9 ha y para el macho joven fue de 2.9 ha. Esta reducida área de actividad es la segunda más pequeña reportada, en comparación con la reportada por Lacy (1983) de 8.8 ha y la reportada por Wyatt (1993) de 16.2 ha, ambos datos de poblaciones de California. La suma de las áreas de actividad de todos los individuos ocupaban 30.5 ha de la REPSA. Por otra parte, se observaron porcentajes de sobreposición importantes entre las áreas de actividad de las zorras (23-92%; Tabla 1), y entre las de los cacomixtles (28-47%; Tabla 2).

Las áreas de actividad totales de los cuatro cacomixtles, calculadas con PMC, se encuentran completamente embebidas dentro del área de actividad total de las siete zorras y representa un 45.6% de ésta.

La densidad máxima de zorras calculada para la REPSA fue de siete individuos en 66.6 ha, que representa una densidad de 8 zorras/km², las siete capturadas más una observada en el área (García-Peña, 2007); esta densidad es muy superior a la reportada para la especie que es de 0.4 a 2.1/km² (Fritzell y Haroldson, 1982). Sin embargo, podríamos pensar que este valor es una sobreestimación, ya que es posible que la densidad sea menor en el área no muestreada, ya que se cuentan con pocos registros de la especie en el área este de Ciudad Universitaria.

Por otra parte, la densidad de cacomixtles calculada para la REPSA fue de siete machos en 30.5 ha, equivalente a 22.95 cacomixtles/km², resultado que sugiere que el cacomixtle es el carnívoro nativo más abundante de la REPSA. La densidad obtenida para este sitio, es la primera reportada para un área urbana y la más alta reportada hasta el momento, ya que las densidades van de 7 a 20 ind/km² (Poglayen-Neuwall y Toweill, 1988). Es necesario enfatizar que la estimación se basa en el área de actividad de los individuos capturados en las áreas de amortiguamiento de la zona oeste de la Reserva. Las densidades estimadas pueden representar una subestimación de la densidad real de esta especie, ya que en la misma área se registró un número indeterminado de cacomixtles que no fueron capturados.

Las reducidas áreas de actividad encontradas en ambas especies, el alto porcentaje de sobreposición en el área de actividad de los individuos y la alta densidad poblacional observada pueden deberse a una gran disponibilidad de recursos alimentarios. Además, las zorras capturadas se comportan como un grupo familiar, tal como está reportado para la especie (Trapp y Hallberg, 1975; Fritzell y Haroldson, 1982), lo que sugiere que el área de actividad reducida no afecta su dinámica grupal y de población. Esto es consistente con otros estudios que han relacionado áreas de actividad pequeñas con la abundancia de recursos alimentarios en ambientes urbanos para otras especies de zorras (*Vulpes vulpes*, Macdonald, 1987; *V. macrotis*, Cypher y Frost, 1999), así como en coyotes, donde existe una sobreposición importante entre individuos del mismo sexo en tiraderos

Tabla 1. Porcentaje (negritas) y tiempo (meses; paréntesis) de sobreposición en áreas de actividad de cinco zorras grises (*Urocyon cinereoargenteus*) de la REPSA.

Individuo	UC780MA	UC986MD	UC324MG	UC720HU	UC325HA
UC780MA	-	74 (4)	49 (2)	53 (4)	*
UC986MD	44 (4)	-	38 (8)	66 (4)	58 (6)
UC324MG	50 (2)	65 (8)	-	92 (2)	59 (7)
UC720HU	23 (4)	49 (4)	40 (2)	-	*
UC325HA	*	83 (6)	50 (7)	*	-

* Pares de individuos que no coincidieron temporalmente

Tabla 2. Porcentaje (negritas) y tiempo (meses; paréntesis) de sobreposición en áreas de actividad de cuatro cacomixtles (*Bassariscus astutus*) macho de la REPSA.

Individuo	BA393M	BA397M	BA398M	BA568M
BA393M	-	*	*	*
BA397M	*	-	28 (0.02)	*
BA398M	*	84 (0.02)	-	47 (4)
BA568M	*	*	46 (4)	-

* Pares de individuos que no coincidieron temporalmente

de basura (Hidalgo-Mihart, 2004). Estos datos coinciden con un estudio de mapaches, zorrillos y coyotes de un parque urbano y de un área rural, donde también se encontraron diferencias entre pautas conductuales, densidad y tamaño de área de actividad y uso de hábitat (Gehrt, 2004).

Otro factor que contribuye a la alta densidad de estas especies es la desaparición de los grandes carnívoros ya que provoca un fenómeno conocido como liberación de los meso-depredadores, a partir de la reducción en la mortalidad por depredación de las especies de carnívoros medianos, como zorras y cacomixtles (Crooks y Soulé, 1999).

Uso de recursos

El principal componente de los excrementos de las zorras fueron los artrópodos, seguido de mamíferos y plantas, y sólo un pequeño porcentaje de material no alimentario (FIG. 2). Mientras que en los cacomixtles el componente principal de los excrementos fueron las plantas, seguido de los artrópodos y el material no alimentario fue prominente, los mamíferos y las aves representaron los componentes alimenticios menos frecuentes (FIG. 2). El alimento antropogénico está subrepresentado, ya que no deja elementos identificables además de empaques y envoltorios. Se observó en repetidas ocasiones a las zorras y los cacomixtles consumiendo alimento de origen antropogénico en los contenedores de basura del estacionamiento del Jardín Botánico. Sin embargo, el 100% de los excrementos de ambas especies presentaron elementos de origen natural (Castellanos *et al.*, 2008).

Las zorras utilizaron los distintos hábitats de acuerdo a su disponibilidad (Fig. 3), mientras que los cacomixtles hicieron uso diferencial del hábitat, utilizando los ambientes perturbados más de lo esperado (Fig. 4; Castellanos *et al.*, 2008). Esta información representa únicamente el horario de actividad de las zorras (crepuscular y nocturno) ya que durante las horas de descanso (diurno) no fue posible obtener radio localizaciones.

A pesar de que tanto las zorras como los cacomixtles están utilizando áreas fuera de la Reserva y alimento de origen antropogénico, la mayor parte de la alimentación la obtienen de elementos naturales como los que ofrece la REPSA y pasan la mayor parte del tiempo dentro de la misma. Otros estudios han reportado el uso de alimentos asociados a la presencia humana por parte de la zorra gris y del cacomixtle (Fritzell y Haroldson, 1982; Poglayen-Neuwall y Toweill, 1988). A pesar del aprovechamiento del alimento de origen antropogénico, su consumo representa un riesgo, ya que el plástico puede causarles la muerte por oclusión intestinal, tal como ocurre con aves y mamíferos alrededor del mundo (BBC News, 2004; Cohn, 2005), por lo que es recomendable regular el tipo de contenedores para la disposición de la basura en las zonas adyacentes a la REPSA.

El atractivo de las áreas perturbadas para estas especies puede basarse en la presencia de mayores recursos

alimenticios naturales y antropogénicos, así como en la disponibilidad de oquedades que les sirven de refugio y una muy baja o nula densidad de sus depredadores naturales. Es importante resaltar, que los patrones de actividad humana en la Universidad Nacional Autónoma de México es otro factor que permite a estas especies merodear las áreas circundantes a la REPSA durante la noche.

De acuerdo a nuestros datos, tanto las zorras como los cacomixtles hacen uso de la Reserva para refugiarse durante el día y para reproducirse, por lo que podemos asegurar que la existencia de esta área es indispensable para la subsistencia de las poblaciones de ambas especies, pero de manera más dramática en el caso de la zorra gris. Los cacomixtles son animales más pequeños que requieren de un área menor para realizar sus actividades diarias, por lo que en la ciudad de México se han encontrado en sitios más perturbados, como el Bosque de Chapultepec (J. Cruzado, com. pers.). Por otro lado, la ausencia de zorras en otras áreas verdes de la ciudad puede indicar que los requerimientos de hábitat de la zorra gris son mayores que los de los cacomixtles. En la REPSA, la irregularidad en el terreno limita el paso de las personas y vehículos y forma gran número de oquedades ocupadas por diferentes especies, incluyendo las zorras grises, característica que favorece la persistencia de estas especies en el área.

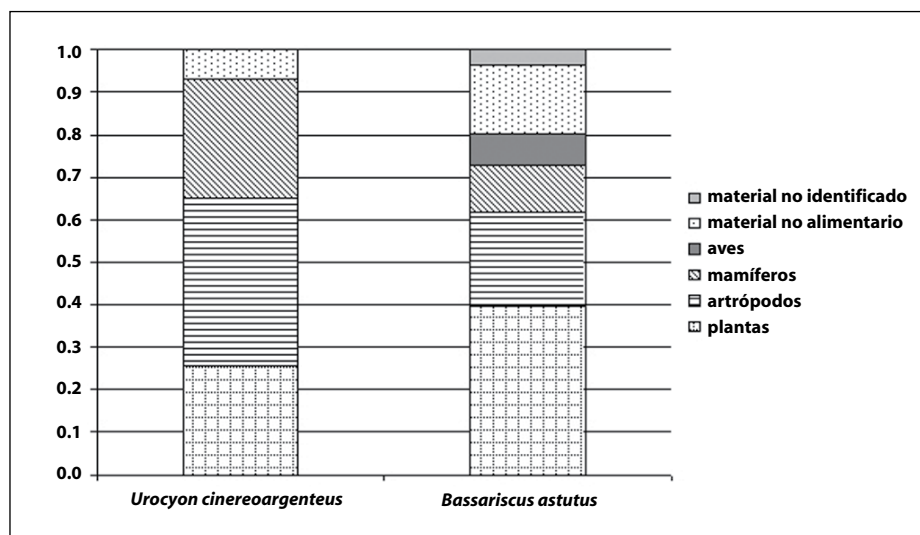


FIG 2. Frecuencia relativa de cada categoría de alimento encontrada en los excrementos de zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y cacomixtle (*Bassariscus astutus*) colectadas en la zona oeste de la REPSA.

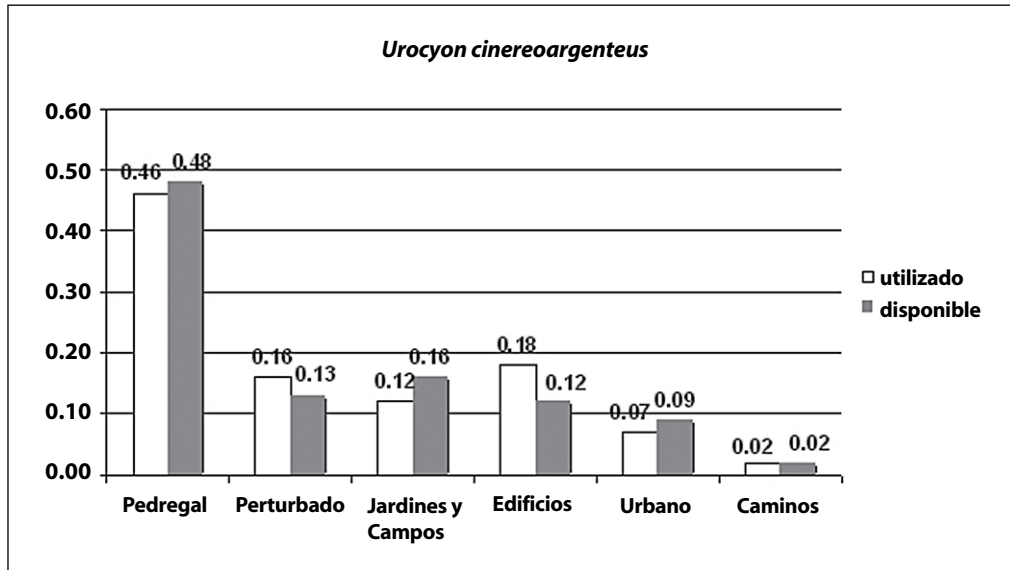


FIG. 3. Proporción de hábitat disponible y proporción de hábitat utilizado por las zorras grises (*Urocyon cinereoargenteus*) de la REPSA.

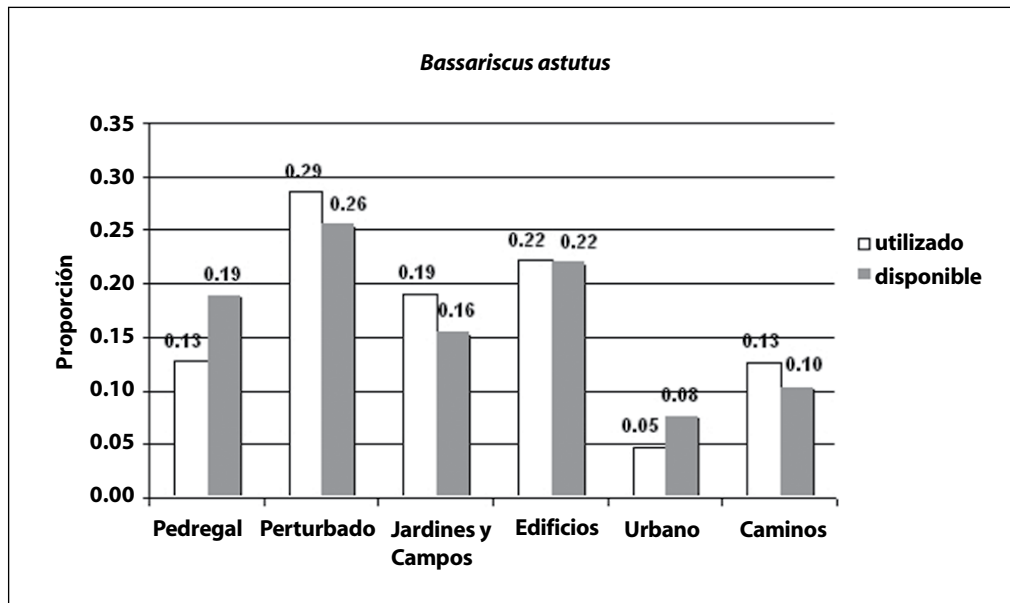


FIG. 4. Proporción de hábitat disponible y proporción de hábitat utilizado por los cacomixtles (*Bassariscus astutus*) de la REPSA.

Conclusiones

La Reserva del Pedregal representa uno de los últimos relictos de la vegetación característica del pedregal originado por la erupción del volcán Xitle y es, también, uno de los últimos refugios que tienen especies como la zorra gris en la ciudad de México. Probablemente es el único sitio totalmente rodeado por la ciudad, en el que se encuentra esta especie, pues aunque la ciudad de México cuenta con áreas naturales protegidas en las que podría estar presente, las áreas de mayor tamaño están conectadas con parches de hábitat o reservas que se encuentran fuera de la ciudad, como los parques nacionales Cumbres del Ajusco, Desierto de los Leones, e Insurgentes Miguel Hidalgo y Costilla (Secretaría del Medio Ambiente, 2007).

Se ha registrado la presencia del cacomixtle en otras áreas de la ciudad, algunas de las cuales son áreas naturales protegidas (Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural, 2000). Sin embargo, se desconoce el estado de sus poblaciones en otros sitios. Es necesario evaluar el estado actual de las poblaciones de carnívoros silvestres persistentes en otras áreas protegidas de la ciudad de México para establecer planes de manejo

adecuados. Estas áreas además ofrecen una oportunidad única para el estudio de la flora y fauna nativa de la Cuenca del Valle de México en áreas rodeadas completamente por una de las ciudades más grandes del mundo.

La conservación de las especies del pedregal requiere de un mayor esfuerzo de difusión sobre su importancia. El interés de la comunidad universitaria y de las autoridades responsables mejorarían estas condiciones mediante acciones sencillas como reforzar la aplicación del reglamento de la REPSA y tener un control efectivo de acceso a la Reserva, evitar el depósito ilegal de basura y cascajo, así como regular la construcción de infraestructura en zonas adyacentes a la Reserva para evitar, en la medida de lo posible, la pérdida de sitios de refugio.

La persistencia de carnívoros medianos en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel demuestra la importancia de los parches con vegetación natural para el mantenimiento de la biodiversidad, incluso en las áreas urbanas, por lo que es importante invertir recursos para el mantenimiento y restauración de las áreas protegidas urbanas, que además, proveen importantes servicios ambientales a los habitantes de la ciudad.

Agradecimientos

Agradecemos a M. Olvera y J. Cruzado por la identificación de semillas y restos óseos. A H. Zarza por la asesoría para la elaboración del mapa de hábitats y con el programa ArcView. A R. Bye y H. Hernández del Jardín Botánico del Instituto de Biología por los permisos y facilidades para realizar el trabajo de campo. Al Dr. Gerardo Suzan por los datos de cacomixtles capturados en el Pedregal y el Desierto de los Leones y al Dr. Gene Trapp por proveer los datos de peso de los cacomixtles de California. El Programa de apoyo a Licenciatura (PROBETEL) otorgó becas para la realización de las tesis. El equipo fue financiado por *Lincoln Park Neotropical Fund e Idea Wild*. Al Laboratorio de Ecología y Conservación de Fauna Silvestre del Instituto de Ecología, UNAM por su apoyo para realizar el estudio. A Vigilancia UNAM por garantizar la seguridad de las investigadoras durante el desarrollo del proyecto. Las observaciones preliminares se realizaron en el Zoológico de Chapultepec. Agradecemos la invitación del Dr. Antonio Lot para participar en este libro y al Dr. Zenón Cano por sus comentarios para mejorar el capítulo.

Literatura citada

- ARANDA, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Xalapa.
- BBC NEWS. 2004. Scotts count cost of plastic bags. Consultado en: <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/3959607.stm> (visitada en junio de 2007).
- BEISSINGER, S.R. Y D.R. OSBORNE. 1982. Effects of urbanization on avian community organization. *Condor*, **84**: 75-83.
- BOL'SHAKOV, V. N., O.A. PYASTOLOVA Y V. L. VERSHININ. 2004. Specific features of the formation of animal species communities in technogenic and urbanized landscapes. *Russian Journal of Ecology*, **32**: 315-325.
- CASTELLANOS-MORALES, G. 2006. Sobre el ámbito hogareño y los hábitos alimentarios de un carnívoro en un ambiente suburbano. El cacomixtle (*Bassariscus astutus*) en la Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel", Ciudad Universitaria, México, D. F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTELLANOS, G Y R. LIST. 2005. Área de actividad y uso de hábitat del cacomixtle (*Bassariscus astutus*) en "El Pedregal de San Ángel". *Revista Mexicana de Mastozoología*, **9**: 113-122.
- CASTELLANOS, G., N. GARCÍA Y R. LIST. 2008. Uso de Recursos del Cacomixtle *Bassariscus astutus* y la Zorra Gris *Urocyon cinereoargenteus* en una Reserva Urbana de la Ciudad de México. Pp.377-390, en: C. Lorenzo, E. Espinoza y J. Ortega (eds.). Avances en el estudio de los mamíferos II. Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C., México.
- CHÁVEZ-TOVAR, C. 1998. Los mamíferos silvestres de la reserva "El Pedregal": testigos del avance de la civilización. *Especies*, **7**: 24-25.
- CEBALLOS, G. Y R. LIST. En prensa. Manejo y conservación de fauna silvestre en paisajes dominados por actividades humanas en la región del Parque El Jaguarundi, Coatzacoalcos, Veracruz. Pp. 157-169. En: Nava, Y. e I. Rosas (coord.). El Parque Ecológico Jaguarundi: Conservación de la selva tropical veracruzana en una zona industrializada. Instituto Nacional de Ecología y Programa Universitario del Medio Ambiente, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- COHN, J.P. 2005. Urban wildlife. *Bioscience*, **55**: 201- 205.
- COMISIÓN DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO RURAL. 2000. Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal 2000-2003. Secretaría del Medio Ambiente, México.
- CROOKS, K. R. 2002. Relative sensitivities of mammalian carnivores to habitat fragmentation. *Conservation Biology*, **16**: 488-502.
- CROOKS, K. Y M. SOULÉ. 1999. Mesopredator release and avifaunal extinctions in a fragmented system. *Nature*, **400**: 563-566.
- CYPHER, B. L. Y N. FROST. 1999. Condition of San Joaquin kit foxes in urban and exurban habitats. *The Journal of Wildlife Management*, **63**: 930-938.
- DAILY, G. C., P. R. EHRlich Y A. SÁNCHEZ-AZOFEIFA. 2001. Countryside biogeography: use of human dominated habitats by the avifauna of southern Costa Rica. *Ecological Applications*, **11**: 1-13.
- DUGELBY, B., D. FOREMAN, R. LIST, B. MILLER, J. HUMPHREY, M. SEIDMAN Y R. HOWARD. 2001. Rewilding the Sky Islands Region of the Southwest. Pp. 65-81, en: Maehr, D.S., R.F. Noss y J.L. Larkin (eds.). Large mammal restoration: Ecological and sociological challenges in the 21st century. Island Press, Londres.
- ESRI, ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, INC. 1997. ArcView version 3.1. Redlands. (www.esri.com/software/arcview/index.html).
- EVANS, R. H. 2002. Raccoon and relatives. En: Heard, D. (ed.). Zoological restraint and anesthesia. International Veterinary Information Service. Consultado en: www.ivis.org/special_books/Heard/evans/chapter_frm.asp?LA=1 (visitado en enero de 2003).
- FRIESEN, L. E., P. F. J. EAGLES Y R. J. MACKAY. 1995. Effects of residential development on forest-dwelling Neotropical migrant songbirds. *Conservation Biology*, **9**: 1408-1414.
- FRITZELL, E. K. Y K. J. HAROLDSON. 1982. *Urocyon cinereoargenteus*. *Mammalian Species*, **189**: 1-8.
- GARCÍA-PÉÑA, M. N. 2007. Sobre el ámbito hogareño y los hábitos alimentarios de un carnívoro en un ambiente suburbano. La zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) en la Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel". Ciudad Universitaria. México, D. F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GEHRT, S. 2004. Ecology and management of striped skunks, raccoons and coyotes in urban landscapes.

- Pp. 81-104, en: Fascione, N., A. Delach y M.E. Smith (eds.). *People and predators, from conflict to coexistence*. Defenders of Wildlife, Island Press, Washington.
- GONZÁLEZ-SALDÍVAR, F. N. 1982. Estudio preliminar sobre el cacomixtle (*Bassariscus astutus flavus*) Rhoads (1984), en el Municipio de Agualeguas, Nuevo León, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey.
- HARRISON, R. L. 1997. A comparison of gray fox ecology between residential and undeveloped rural landscapes. *Journal of Wildlife Management*, **61**: 112-122.
- HIDALGO-MIHART, M. G. 2004. Ecología espacial del coyote (*Canis latrans*) en un bosque tropical caducifolio. Tesis de doctorado. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa.
- LACY, M. K. 1983. Home range size, intraspecific spacing, and habitat preference of ringtails (*Bassariscus astutus*) in a riparian forest in California. Tesis de maestría. California State University, Sacramento.
- LEOPOLD, A. S. 1959. *Wildlife of Mexico: the game birds and mammals*. University of California Press, Berkeley.
- MACDONALD, D. W. 1987. *Running with the fox*. Unwin Hyman, Londres.
- MARKOVCHICK-NICHOLS, L., H. M. REGAN, D. H. DEUTSCHMAN, A. WIDYANATA, B. MARTIN, L. NOREKE Y T. HUNT. 2007. Relationships between human disturbance and wildlife land use in urban habitat fragments. *Conservation Biology*, **22(1)**: 99-109.
- MCKINNEY, M. L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *Bioscience*, **52**: 883-890.
- NEGRETE Y., A. Y J. SOBERÓN. 1994. Los mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica El Pedregal. Pp. 219-228, en: Rojo, A. (comp.). *Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel" Ecología, historia natural y manejo*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- NOSS, R. F. Y B. CSUTI. 1997. Habitat fragmentation. Pp. 269-304, en: Meffe, G.K. y R.C. Carroll (eds.). *Principles of conservation biology*. Sinauer Associates, Sunderland.
- POGLAYEN-NEUWALL, I. Y D.E. TOWEILL. 1988. *Bassariscus astutus*. *Mammalian Species*, **327**: 1-8.
- PONDS, D. B. Y B. W. O'GARA. 1996. Chemical immobilization of large mammals. Pp. 419-444, en: Bookhout, T.A. (ed.). *Research and management techniques for wildlife and habitats*. Wildlife Society, Bethesda.
- PRANGE, S., S. D. GEHRT Y E. P. WIGGERS. 2004. Influences of anthropogenic resources on Raccoon (*Procyon lotor*) movements and spatial distribution. *Journal of Mammalogy*, **85**: 483-490.
- RANDA, L. Y J. A. YUNGER. 2006. Carnivore occurrence along an urban-rural gradient: a landscape-level analysis. *Journal of Mammalogy*, **87**: 1154-1164.
- RILEY, S. P. D., R. M. SAUVAJOT, T. K. FULLER, E. C. YORK, D. A. KAMRADT, C. BROMLEY Y R. K. WAYNE. 2003. Effects of urbanization and habitat fragmentation on bobcats and coyotes in Southern California. *Conservation Biology*, **17**: 566-576.
- SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE DEL DISTRITO FEDERAL. 2007. Áreas Naturales Protegidas del Distrito Federal 2007 INEGI. Consultado en: http://www.sma.df.gob.mx/corena/index.php?ruta=conservacion&op=anp_conc_anpdf (visitada en noviembre de 2008).
- SERVÍN, J. Y E. CHACÓN. 2005. *Urocyon cinereoargenteus* (Schreber, 1775); zorra gris. Pp. 354, en: Ceballos, G. y G. Oliva (coord.). *Los mamíferos silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- SOBERÓN, J., M. DEL C. ROSAS Y G. JIMÉNEZ. 1991. Ecología hipotética de la reserva del Pedregal de San Ángel. *Ciencia y Desarrollo*, **99**: 25-38.
- SUZAN-ASPIRI, G. 1998. Rabia, toxoplasma y parvovirus en mamíferos silvestres de dos reservas del Distrito Federal. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- TIGAS, L. A., D. H. VAN VUREN Y R. M. SAUVAJOT. 2002. Behavioral responses of bobcats and coyotes to habitat fragmentation and corridors in an urban environment. *Biological Conservation*, **108**: 299-306.
- TOWEILL, D. E. Y J. G. TEER. 1980. Home range and den habits of Texas ringtails (*Bassariscus astutus flavus*). Pp. 1103-1120, en: Chapman J.A. y D. Pursley (eds.). *Proceedings of the worldwide furbearers conference*. Fortsburg.
- TRAPP, G. R. 1978. Comparative behavioral ecology of the ringtail and gray fox in southwestern Utah. *Carnivore*, **1**: 3-32.
- TRAPP, G. R. Y L. HALLBERG. 1975. Ecology of the gray fox (*Urocyon cinereoargenteus*): A review. Pp. 164-178, en: Fox, M.W. (ed.). *The wild canids*. Van Nostrand Reinhold, Nueva York.
- TRAPP, G. R. Y D. WYATT. 1997. Ringtail (*Bassariscus astutus raptor*) density, morphology and longevity in the Central Valley of California. Pp: 376, *Proceedings of*

the Seventh International Thereological Congress,
Acapulco.

WHITE, G.C. Y R.A. GARROTT. 1990. Analysis of wildlife radio-tracking data. Academic Press Inc., San Diego.

WOODROFFE, R. Y J.R. GINSBERG. 1998. Edge effects and the extinction of populations inside protected areas. *Science*, **280**: 2126-2128.

WYATT, D.T. 1993. Home range size, habitat use and food habits of ringtails (*Bassariscus astutus*) in a Central Valley riparian forest, Sutter Co., California. Tesis de maestría. California State University, Sacramento.



DIVERSIDAD DE HÁBITATS Y ECOLOGÍA DE COMUNIDADES

Calandria
Icterus abeillei

Palo loco
Senecio praecox

Ácaros asociados a vertebrados

Griselda Montiel-Parra¹, Ricardo Paredes-León¹, Carmen Guzmán-Cornejo¹,
Yolanda Hortelano Moncada² y Tila Ma. Pérez¹

¹Colección Nacional de Ácaros (CNAC), ²Colección Nacional de Mamíferos (CNMA),
Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México
grismp@ibiologia.unam.mx

Introducción

La diversidad de artrópodos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) ha sido poco estudiada y en el caso particular de los ácaros es evidente el escaso conocimiento que se tiene acerca del grupo en esta zona (Hoffmann, 1951a, b, 1990; Brennan y Dalmat, 1960; Basurto-R., 1973; Rios-Casanova y Cano-Santana, 1994).

El primer registro de un ácaro asociado a vertebrados en la REPSA fue publicado por Hoffmann (1951a) quien describió a *Acomatacarus bakeri* actualmente *Odontacarus (Tarsalacarus) bakeri*, como parásito del roedor *Peromyscus gratus* (antes *Peromyscus truei gratus*). Posteriormente, se describieron cuatro especies nuevas para el Pedregal de San Ángel (Hoffmann, 1951b; Basurto-R., 1973) y se añadieron 17 nuevos registros de especies (Brennan y Dalmat, 1960; Bassols, 1981; Hoffmann, 1990; Montiel-Parra *et al.*, 2007).

En cuanto al conocimiento sobre la fauna de vertebrados del Pedregal de San Ángel, hasta la fecha se han registrado 16 especies de anfibios y reptiles, 87 especies de aves y 34 especies de mamíferos silvestres (Arenas, 2004; Hortelano-Moncada *et al.*, en prensa; Méndez de la Cruz *et al.*, en este libro). A pesar de esta diversidad los registros sobre sus ácaros son muy escasos, debido a que no se han realizado muestreos sistematizados.

Los objetivos del presente trabajo son (1) recopilar los registros de ácaros asociados a los vertebrados que viven en la REPSA, (2) dar a conocer nuevos registros de colectas recientes, y (3) actualizar la nomenclatura taxonómica para cada uno de ellos.

Material y métodos

Para obtener los registros previos de ácaros y huéspedes distribuidos en la REPSA se realizó una búsqueda bibliográfica en diferentes bases de datos en línea (Biological Sciences, Biological Digest, Zoological Record Plus, BioOne Abstracts and Indexes) y la hemeroteca de la Colección Nacional de Ácaros (CNAC). Los nuevos datos fueron obtenidos a partir de la revisión de ejemplares depositados en las colecciones nacionales del Instituto de Biología, tales como: ácaros (CNAC o UNAM), anfibios y reptiles (CNAR) y mamíferos (CNMA). Tanto para los registros previos y nuevos se presenta la siguiente información: especie huésped, la localidad, colector, número de catálogo cronológico y el acrónimo de la colección en donde se encuentran depositados los ejemplares, además en el caso de los registros previos se indica la fuente consultada.

Los nombres de los huéspedes fueron actualizados con base en los trabajos de Flores-Villela (1993) para reptiles, Ramírez-Pulido *et al.* (2005) para mamíferos, y AOU (1998) para aves. En el caso de los ácaros se sigue la propuesta de clasificación de Evans (1992).

Resultados

La diversidad de ácaros asociados a los vertebrados terrestres de la REPSA está representada por 14 familias (Ixodidae, Spinturnicidae, Laelapidae, Pterygosomatidae, Myobiidae, Syringophilidae, Trombiculidae, Leeuwenhoekiidae, Atopomelidae, Proctophyllodidae, Psoroptoididae, Analgidae, Trouessartidae y Glycyphagidae), 29 especies y 20 géneros están relacionados a 17 especies de huéspedes (un reptil, 10 aves y seis mamíferos), lo que representa el 12 % de la diversidad de vertebrados en la REPSA.

A continuación se presenta la lista de ácaros parásitos de vertebrados en la cual se mencionan los huéspedes en los que se han registrado. Por otro lado, en el Apéndice 1 se presenta la lista de vertebrados registrados como huéspedes de ácaros.

Lista de Ácaros

Subclase Acari

Superorden Anactinotrichida

Orden Ixodida

Familia Ixodidae

Ixodes sp. 1

Nuevo registro: ex *Spilogale putorius angustifrons*, DISTRITO FEDERAL: Senda Ecológica UNIVERSUM, Zona de Amortiguamiento A4, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 19° 18' 45" N, 99° 11' 17" W, 03-VII-2006, Y. Hortelano-M., col. (UNAM-416, CNMA44069).

Ixodes sp. 2 (Fig. 1C)

Nuevo registro: ex *Peromyscus gratus gratus* ♂ DISTRITO FEDERAL: Mesa Vibradora, Zona Núcleo Poniente, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 19° 18' 58.32" N, 99° 11' 47.4" W, 20-I-2007, Y. Hortelano-M., col. (UNAM-359, CNMA44078).

Observaciones: *Ixodes* sp. 1 se encontró en la parte ventral del cuello de *Spilogale putorius angustifrons* e *Ixodes* sp. 2 en la oreja derecha de *Peromyscus gratus gratus*. De

estas dos especies de garrapatas sólo se colectaron larvas, por lo que es necesario examinar otros ejemplares de *S. p. angustifrons* y *P. g. gratus* o de huéspedes más grandes para obtener los adultos o ninfas, y poder realizar las determinaciones a nivel específico.

Orden Mesostigmata

Familia Laelapidae

Androlaelaps (Eubrachylaelaps) circularis (Ewing, 1933)

Registros previos: ex *Peromyscus gratus gratus* (= *P. truei gratus*), DISTRITO FEDERAL: Pedregal de San Ángel, 22-XI-53, A. Barrera y R. Mac Gregor (sic), cols; 1 km SE Zacatepec (sic), 12-II-64, C. E. A. y A. O. S., cols.; Ciudad Universitaria, 1972, sin colector (Bassols, 1981).

Nuevos registros: ex *Peromyscus gratus gratus* ♂, DISTRITO FEDERAL: Mesa Vibradora, Zona Núcleo Poniente, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 20-I-2007, Y. Hortelano-M., col. (UNAM-359, CNMA44078). Mismos datos excepto (UNAM-357b, CNMA44077). Mismos datos excepto ex *P. gratus gratus* ♀, 02-III-2006 (UNAM-362, CNMA44082). ex *P. gratus gratus* ♀, Espacio Escultórico, Zona Núcleo Oriente, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 01-III-2006, Y. Hortelano-M., col. (UNAM-356, CNMA44075).



Fig. 1. C. Larva de *Ixodes* sp.

Observaciones: Hoffmann y López-Campos (2000) registran a *A. (E.) circularis* sobre *Peromyscus truei gratus* (= *P. gratus gratus*) para el Distrito Federal; probablemente corresponde a una laminilla depositada por Hoffmann en la CNAC en 1991, con los siguientes datos de colecta: ex *P. truei gratus*, Pedregal de San Ángel, D.F., equipo No. 5, col. (CNAC006193). En los roedores recientemente colectados los ácaros se ubicaron en la base del pelo dorsal de la base de la cola.

Familia Spinturnicidae

Periglischrus leptosternus Morales-Malacara y López-Ortega, 2001

Nuevo registro: ex *Choeronycteris mexicana* ♂, DISTRITO FEDERAL: Jardín Botánico Exterior, Instituto de Biología, UNAM, 19° 19' 06" N, 99° 11' 36" W, 23-V-2007, Y. Hortelano-M., col. (UNAM-357, CNMA44065).

Observaciones: Estos ácaros se encontraron en el área de la membrana alar.

Superorden Actinotrichida

Orden Prostigmata

Familia Leeuwenhoeikiidae

Odontacarus (Tarsalacarus) bakeri (Hoffmann 1951)

Registro previo: ex *Peromyscus gratus* DISTRITO FEDERAL: Pedregal de San Ángel (Hoffmann, 1951a) y a 1 km SE Cerro de Zacayuca, 12-II-1964, C. E. Aviña, col. (Hoffmann, 1990).
ex *Baiomys taylori*, Pedregal de San Ángel (Brennan y Dalmat, 1960).

Nuevos registros: ex *Peromyscus gratus gratus*, DISTRITO FEDERAL: Jardín Botánico Exterior, Instituto de Biología, UNAM, 11-V-2007, Y. Hortelano-M., col. (UNAM-363, CNMA 44073); *Peromyscus gratus gratus* ♂, Mesa Vibradora, Zona Núcleo Poniente, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 19° 18' 58.32" N, 99° 11' 47.4" W, 20-I-2007, Y. Hortelano-M., col. (UNAM-359, CNMA44078).

Observaciones: Estos ácaros se ubicaron en el conducto auditivo y en las orejas.

Familia Myobiidae

***Amorphacarus* sp.**

Nuevo Registro: ex *Sorex saussurei saussurei* ♂, DISTRITO FEDERAL: Mesa Vibradora, Zona Núcleo Poniente, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 19° 18' 58.32" N, 99° 11' 47.4" W, 21-VIII-2006, Y. Hortelano-M., col. (UNAM-365, CNMA44062).

Observaciones: De esta especie sólo se colectaron ninfas que se hallaron en la base del pelo dorsal, es necesario examinar otros ejemplares de *Sorex saussurei saussurei*, para obtener los adultos y poder realizar la determinación a nivel específico.

Archemyobia inexpectatus Jameson, 1955 (Figs. 1A y B)

Nuevo Registro: ex *Didelphis virginiana californica* ♀, DISTRITO FEDERAL: Jardín Botánico Exterior, Instituto de Biología, UNAM, 19° 19' 06" N, 99° 11' 36" W, 11-IV-2008, Y. Hortelano-M., col. (UNAM-417, CNMA).

Observaciones: Esta especie fue muy abundante en la base del pelo de la parte dorsal del cuerpo.

Radfordia* aff. *subuliger Ewing, 1938

Nuevo Registro: ex *Peromyscus gratus gratus* ♂, DISTRITO FEDERAL: Mesa Vibradora, Zona Núcleo Poniente, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 19° 18' 58.32" N, 99° 11' 47.4" W, 20-I-2007, Y. Hortelano-M. col. (UNAM-359, CNMA44078).

Observaciones: De esta especie sólo se colectó un macho cuyas características morfológicas se asemejan a la especie *R. subuliger*, sin embargo, es necesario examinar hembras para corroborar que se trate de esta especie.

Zacalpetla hoffmannae Basurto, 1973

Registro previo: ex *Peromyscus truei gratus* ♀ (= *Peromyscus gratus gratus*), DISTRITO FEDERAL: Cerro Zacalpetel (sic), Pedregal de San Ángel, México, 4-VIII-1950, G. W. Wharton, col. (Basurto-R., 1973) (Holotipo CNAC000261).

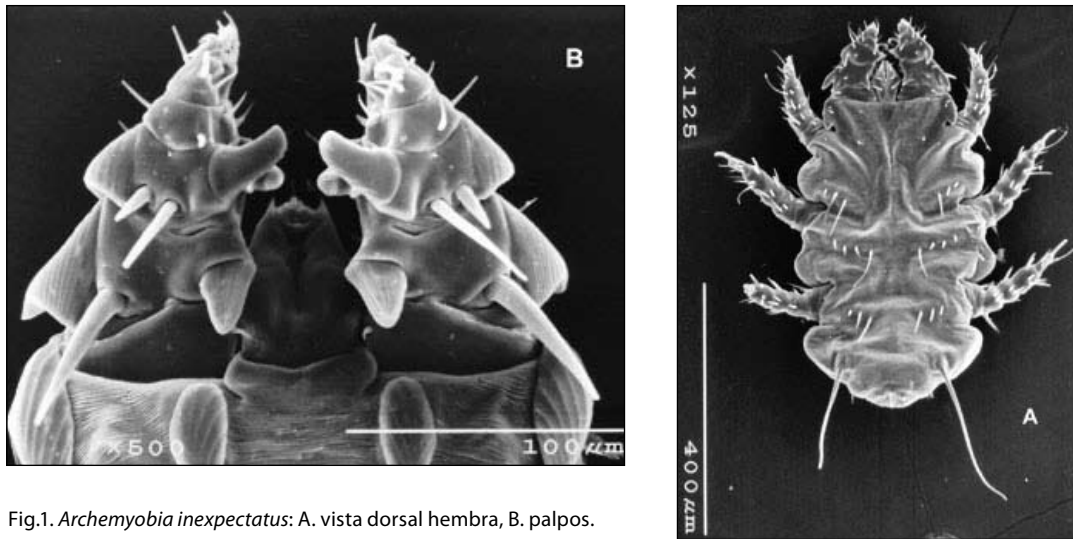


Fig.1. *Archemyobia inexpectatus*: A. vista dorsal hembra, B. palpos.

Familia Pterygosomatidae

Geckobiella texana (Banks, 1904)

Registro previo: ex *Sceloporus t. torquatus*, DISTRITO FEDERAL: Área sur oriental de la REPSA, 19° 18.696' N, 99° 10.434' W, 24-28-X-2005 (Montiel-Parra et al., 2007)

****Hirstiella pelaezi*** Cunliffe, 1949

Registro previo: ex *Sceloporus t. torquatus*, área sur oriental de la REPSA, 19° 18.696' N, 99° 10.434' W, 24-28-X-2005 (Montiel-Parra et al., 2007)

Familia Trombiculidae

****Eutrombicula alfreddugesi*** (Oudemans, 1910) (Fig. 2 A)

Registro previo: ex *Sceloporus t. torquatus*, DISTRITO FEDERAL: Pedregal de San Ángel, 12-VII-1953, J. Rzedowski, col. (Hoffmann, 1990).

****Leptotrombidium potosina*** (Hoffmann, 1950)

Registro previo: ex *Peromyscus gratus*, DISTRITO FEDERAL: Pedregal de San Ángel, 01-III-1951, A. Hoffmann, col. (Hoffmann, 1990).

Nuevo registro: ex *Peromyscus gratus gratus* ♀, DISTRITO FEDERAL: Espacio Escultórico, Zona Núcleo Oriente, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 19° 19' 8.04" N, 99° 10' 49.8" W, 01-III-2007, Y. Hortelano-M., col. (UNAM-356, CNMA 44075).

Observaciones: Estos ácaros se ubicaron en el conducto auditivo y en las orejas.

Pseudoschoengastia anomala (Hoffmann, 1951)

Registro previo: ex *Peromyscus gratus* y *Sorex saussurei*, DISTRITO FEDERAL: Cerro de Zacayuca, Pedregal de San Ángel (Hoffmann, 1951b).



Fig. 2. A. Vista dorsal *Eutrombicula alfreddugesi*.

***Pseudoschoengastia pedregalensis** (Hoffmann, 1951)

Registros previos: ex *Baiomys taylori analogus*, *Peromyscus gratus* y *Sorex saussurei*, DISTRITO FEDERAL: Cerro de Zacayuca, Pedregal de San Ángel (Hoffmann, 1951b).

Nuevos registros: ex *Sorex saussurei saussurei* ♀, DISTRITO FEDERAL: Senda Ecológica UNIVERSUM, zona de amortiguamiento A4, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 19° 18' 45.72" N, 99° 10' 49.8" W, 24-X-2007, Y. Hortelano-M., col. (UNAM-368, CNMA44059).

Observaciones: Estos ácaros se ubicaron en conducto auditivo y en las orejas.

Familia Syringophilidae

***Syringophilopsis ca. elongatus**

Registro previo: ex *Vermivora celata*, DISTRITO FEDERAL: Área sur oriental de la REPSA, 19° 18.696' N, 99° 10.434' W, 24-28-X-2005 (Montiel-Parra *et al.*, 2007).

Syringophilopsis sp.

Registro previo: ex *Tyrannus verticalis*, DISTRITO FEDERAL: Área sur oriental de la REPSA, 19° 18.696' N, 99° 10.434' W, 24-28-X-2005 (Montiel-Parra *et al.*, 2007).

Orden Astigmata

Familia Analgidae

***Analges* sp.**

Registro previo: ex *Melospiza melodia*, DISTRITO FEDERAL: Área sur oriental de la REPSA, 19° 18.696' N, 99° 10.434' W, 24-28-X-2005 (Montiel-Parra *et al.*, 2007).

Familia Atopomelidae

Didelphoecius serrifer (Fain, 1970) (Fig. 1D)

Nuevos Registros: ex *Didelphis virginiana californica* ♂, DISTRITO FEDERAL: Jardín Botánico Exterior, Instituto de Biología, UNAM, 19° 19' 06" N, 99° 11' 36" W, 7-IX-2007, Y. Hortelano-M., col. (UNAM-355, CNMA44054); ex *D. v. californica juvenil*, REPSA, 18-X-2007, Y. Hortelano-M. (UNAM-367, CNMA44084). ex *D. v. californica* ♀, Jardín



Fig. 1. D. Macho de *Didelphoecius serrifer*

Botánico Exterior, Instituto de Biología, UNAM, 19° 19' 06" N, 99° 11' 36" W, 11-IV-2008, Y. Hortelano-M., col. (UNAM-417, CNMA).

Observaciones: Los ácaros se encontraron sujetos al pelo en la parte ventral de las patas traseras.

Familia Proctophyllodidae

Proctophyllodes huitzilopochtlii Atyeo y Braasch, 1966

Nuevo registro: ex *Amazilia beryllina*, DISTRITO FEDERAL: Área sur oriental de la REPSA, 19° 18.696' N, 99° 10.434' W, 24-28-X-2005 (Montiel-Parra *et al.*, 2007).

Proctophyllodes egglestoni Spory, 1965

Registros previos: ex *Vermivora ruficapilla* y *Melospiza lincolni*, DISTRITO FEDERAL: Área sur oriental de la REPSA, 19° 18.696' N, 99° 10.434' W, 24-28-X-2005 (Montiel-Parra *et al.*, 2007).

Proctophyllodes ludovicianus Atyeo y Braasch, 1966 (Fig. 2B)

Registro previo: ex *Pipilo fuscus*, DISTRITO FEDERAL: Área sur oriental de la REPSA, 19° 18.696' N, 99° 10.434' W, 24-28-X-2005 (Montiel-Parra *et al.*, 2007).

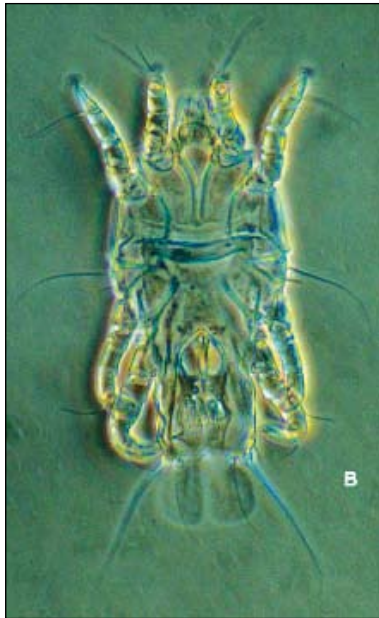


Fig. 2. B. Vista ventral de macho *Proctophyllodes ludovicianus*

****Proctophyllodes pinnatus* (Nitzsch, 1818)**

Registro previo: ex *Tyrannus verticalis*, DISTRITO FEDERAL: Área sur oriental de la REPSA, 19° 18.696' N, 99° 10.434' W, 24-28-X-2005 (Montiel-Parra *et al.*, 2007).

****Proctophyllodes* sp. 1**

Registro previo: ex *Melospiza melodia*, DISTRITO FEDERAL: Área sur oriental de la REPSA, 19° 18.696' N, 99° 10.434' W, 24-28-X-2005 (Montiel-Parra *et al.*, 2007).

****Proctophyllodes* sp. 2**

Registro previo: ex *Empidonax difficilis*, DISTRITO FEDERAL: Área sur oriental de la REPSA, 19° 18.696' N, 99° 10.434' W, 24-28-X-2005 (Montiel-Parra *et al.*, 2007).

****Proctophyllodes* sp. 3**

Registro previo: ex *Wilsonia pusilla*, DISTRITO FEDERAL: Área sur oriental de la REPSA, 19° 18.696' N, 99° 10.434' W, 24-28-X- 2005 (Montiel-Parra *et al.*, 2007).

Familia Psoroptoididae

***Mesalgoides* sp.**

Registro previo: ex *Melospiza melodia*, DISTRITO FEDERAL: Área sur oriental de la REPSA, 19° 18.696' N, 99° 10.434' W, 24-28-X-2005 (Montiel-Parra *et al.*, 2007).

Familia Trouessartidae

***Trouessartia* sp.**

Registro previo: ex *Passerina ciris*, DISTRITO FEDERAL: Área sur oriental de la REPSA, 19° 18.696' N, 99° 10.434' W, 24-28-X-2005 (Montiel-Parra *et al.*, 2007)

Familia Glycyphagidae

***Orycteroxenus mexicanus* Lukoschus, Gerrits y Fain, 1977**

Registros nuevos: ex *Sorex saussurei saussurei* ♂, DISTRITO FEDERAL: Mesa Vibradora, Zona Núcleo Poniente, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 19°18' 58.32" N, 99°11' 47.4" W, 21-VIII-2006, Y. Hortelano-M., col. (UNAM-365, CNMA44062). ex *S. s. saussurei* ♀ Senda Ecológica UNIVERSUM, zona de amortiguamiento A4, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 19° 18' 45.72" N, 99° 10' 49.8" W, 24-X-2006, Y. Hortelano-M., col. (UNAM-368, CNMA44059). ex *S. s. saussurei*, Senda Ecológica UNIVERSUM, zona de amortiguamiento A4, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, 19° 18' 45.72" N, 99° 10' 49.8" W, 29-X-2006, Y. Hortelano-M., col. (UNAM-369, CNMA44061).

Observaciones: Los ácaros se hallaron en el pelaje de la parte dorsal de la cabeza.

Discusión

En este inventario de los ácaros asociados a los vertebrados de la REPSA, se registran un total de 29 especies; considerando que hasta el momento sólo 23 especies de vertebrados han sido analizados de un total de 137 especies (Arenas, 2004; Hortelano-Moncada *et al.*, en prensa; Méndez de la Cruz *et al.*, en este volumen), lo que representa el 12% de la diversidad total, podríamos esperar que al analizar nuevos huéspedes el número de nuevos registros aumente.

Los huéspedes que albergan la mayor riqueza de ácaros fueron *Peromyscus gratus gratus* y *Sorex saussurei saussurei* con ocho y cuatro especies, respectivamente, a diferencia de las aves *Amazilia beryllina*, *Empidonax difficilis*, *Melospiza melodia*, *M. lincolni*, *Pipilo fuscus*, *Vermivora celata*, *V. ruficapilla*, *Wilsonia pusilla* y *Passerina ciris*; y de los mamíferos *Spilogale putorius angustifrons* y *Choeronycteris mexicana*, con una sola especie de ácaro. Con respecto, a los reptiles, únicamente en la lagartija *Sceloporus torquatus torquatus* se hallaron ácaros de tres especies pertenecientes a las familias Pterygosomatidae y Trombiculidae (Apéndice 1).

Los datos reunidos en este trabajo nos permiten concluir que los diversos grupos de ácaros asociados a vertebrados de la REPSA presentan diferentes tipos de relaciones simbióticas: (a) comensales obligados, entre lo que se encuentran las 10 especies de ácaros plumícolas que se alimentan principalmente del aceite secretado por la glándula uropigial, de la cubierta de micelio y esporas de hongos, granos de polen y algas que se adhieren a la superficie de las plumas (Blanco *et al.*, 2001; Proctor, 2003); (b) parásitos temporales, que están asociados con el huésped sólo por un corto período de tiempo en el ciclo de vida, como son las cinco especies de las familias Trombiculidae y Leeuwenhoekidae en las que sólo la larva se alimenta de linfa y pueden ser portadores y transmisores de bacterias u otros microorganismos, mientras que los adultos y ninfas son de vida libre (Hoffmann, 1990); (c) parásitos obligados monoxenos o polixenos de las familias Spinturnicidae, Atopomelidae, Pterygosomatidae e Ixodidae; las dos especies de *Syrigophilopsis* que viven en el cañón de las plumas (Fain *et al.*, 2000); *Androlaelaps (Eubrachylaelpas) circularis* parásito facultativo que tienen una relación de parafagia, pero que si tiene la oportunidad se alimentará de sangre, quizá pudiendo perforar la piel (Walter y Proctor, 1999), y las cuatro especies de ácaros pilícolas o también llamados ácaros depiladores de la familia Myobiidae, los cuales presentan adaptaciones morfológicas para sujetarse al pelo, y que pueden causar alopecia a sus huéspedes, predisponiéndolos a enfermedades cutáneas (Walter y Proctor, 1999); y (d) ácaros foréticos, que son aquéllos que buscan a otro organismo para dispersarse, fenómeno que ocurre básicamente en la etapa de adultos, sin embargo los estadios inmaduros y usualmente las hembras son las que llevan a cabo esta asociación (Evans, 1992; Hunter y Rosario, 1988), muestra de ello son las deutoninfas de la especie *Orycteroxenus mexicana* halladas en la musaraña *Sorex saussurei saussurei*.

La REPSA representa una nueva localidad para los ácaros *Didelphoecius serrifer ex Didelphis virginiana californica* y *Periglischrus leptosternus ex Choeronycteris mexicana* (Fain, 1979; Morales-Malacara y López-Ortega, 2001), y la especie *Archemyobia inexpectatus ex D. v. californica*, la cual además es un nuevo registro para México (Tibbetts, 1957; Jameson, 1955). Así mismo, se registran por primera vez las asociaciones de *Ixodes* sp.1 con *Spilogale putorius angustifrons*, *Ixodes* sp. 2 y *Radfordia* cff. *subuliger* con *Peromyscus gratus gratus* (Whitaker Jr. y Morales-Malacara, 2005).

El conocimiento integral de los ácaros asociados a vertebrados de la REPSA, se logrará a través de nuevas colectas sistematizadas, que nos permitan conocer estadios, ciclos de vida y especificidad, entre otros aspectos. En el caso de los reptiles sólo se conocen los ácaros de la lagartija *Sceloporus torquatus torquatus*, a pesar de que se examinaron los ejemplares de las especies *Diadophis punctatus dugesi*, *Rhadinaea laureata*, *Salvadora bairdi*, *Thamnophis eques eques* y *Crotalus molossus nigrescens*, depositadas en la CNAR; con respecto a los anfibios no se pudieron examinar los ejemplares debido a que en dicha colección se estaba llevando a cabo la reorganización de éstos. De los mamíferos, se requieren específicamente ejemplares colectados en diferente épocas del año en particular de las especies *Spilogale putorius angustifrons*, *Peromyscus gratus gratus* y *Sorex saussurei saussurei*, para obtener los ácaros adultos de los géneros *Ixodes* y *Amorphaenus*, y poder realizar las determinaciones a nivel específico; sin embargo, para las garrapatas adultas del género *Ixodes* no se descarta la posibilidad de que otros mamíferos más grandes puedan ser utilizados como huéspedes. Por otra parte, también se recomienda examinar ejemplares de las aves: *Tyrannus verticalis*, *Empidonax difficilis*, *Melospiza melodia*, *Wilsonia pusilla* y *Passerina ciris* para obtener los machos de *Proctophylloides* spp., y poder llevar a cabo la identificación hasta nivel específico (Montiel-Parra *et al.*, 2007).

Aún queda mucho por conocer sobre la diversidad de los ácaros asociados a vertebrados de la REPSA, así como sus relaciones, sin embargo, este trabajo representa un esfuerzo en el conocimiento de este particular grupo de artrópodos, en un área que sirve como refugio para especies silvestres que aún habitan en el Distrito Federal y para muchas otras consideradas como migratorias.

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Víctor Hugo Reynoso, al Sr. Armando Borgonio y a Adriana González por todas las facilidades para la revisión de los ejemplares depositados en la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología, UNAM. Al Dr. Juan B. Morales Malacara por la identificación de los ejemplares de la familia Spinturnicidae. A la M. en C. Berenit Mendoza Garfías, por su ayuda en la elaboración de las fotografías del microscopio electrónico de barrido. A las estudiantes Anayeli Bautista González, Verónica Ramos Díaz y Xóchitl Isidro Luna por su colaboración en el procesamiento de los ácaros y mamíferos, respectivamente.

Literatura citada

- AOU, AMERICAN ORNITHOLOGIS'T UNION. 1998. Checklist of North American birds. Committee on Classification and Nomenclature. 7th ed., American Ornithologist Union, Washington, D. C.
- ARENAS C., S. 2004. Distribución y fenología de la avifauna del Ajusco medio y del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BASSOLS B., I. 1981. Catálogo de los ácaros Mesostigmata de mamíferos de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México*, **24**:9-49.
- BASURTO-R., L. A. 1973. Contribución al estudio de los mióbidos de México (Acarina, Myobiidae). *Ciencia*, **28**(3):99-105.
- BLANCO, G., J. L. TELLA, J. POTTI Y A. BAZ. 2001. Feather mites on birds: costs of parasitism or conditional outcomes? *Journal of Avian Biology*, **32**: 271-274.
- BRENNAN, J. M. Y H. C. DALMAT. 1960. Chiggers of Guatemala (Acarina: Trombiculidae). *Annals of the Entomological Society of America*, **53**(2): 183-191.
- EVANS, G. O. 1992. Principles of acarology. CAB International, Cambridge.
- FAIN, A. 1979. Les listrophorides d'America neotropicale (Acarina: Astigmata). II. Famille Atopomelidae. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, **51**(7): 1-158.
- FAIN, A., A. V. BOCHKOV Y S. V. MIRONOV. 2000. New genera and species of quill mites of the family Syringophilidae (Acari: Prostigmata). *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique (Entomologie)*, **70**:33-70.
- FLORES-VILLELA, O. 1993. Herpetofauna mexicana. *Carnegie Museum of Natural History, Special Publication*, **17**:1-73.
- HOFFMANN, A. 1951A. Contribuciones al conocimiento de los trombicúlidos mexicanos. 3ª parte. *Ciencia*, **11**(1-2): 29-36.
- HOFFMANN, A. 1951B. Contribuciones al conocimiento de los trombicúlidos mexicanos. 4ª parte. *Ciencia*, **11**: 97-103.
- HOFFMANN, A. 1990. Los trombicúlidos de México (Acarida: Trombiculidae). Publicaciones Especiales 2, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- HOFFMANN, A. Y G. LÓPEZ-CAMPOS. 2000. Diversidad de los ácaros en México. CONABIO, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- HORTELANO-MONCADA, Y., F. A. CERVANTES Y A. TREJO-ORTIZ. En prensa. Mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, UNAM. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.
- HUNTER, P. E. Y R. M. T. ROSARIO. 1988. Associations of Mesostigmata with other arthropods. *Annual Review of Entomology*, **33**: 393-417.
- JAMESON, E. W. JR. 1955. A summary of the genera of Myobiidae (Acarina). *The Journal of Parasitology*, **41**: 407-416.
- MONTIEL-PARRA, G., R. PAREDES-LEÓN, C. GUZMÁN CORNEJO Y T. M. PÉREZ. 2007. Nuevos registros de ácaros asociados a las aves y reptiles de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) México. *Entomología Mexicana*, **6**: 65-70.
- MORALES-MALACARA, J. B. Y G. LÓPEZ-ORTEGA. 2001. A new species of the genus *Periglischrus* (Acari: Mesostigmata: Spinturnicidae) on *Choeronycteris mexicana* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Central Mexico. *Journal of Medical Entomology*, **38**(2): 153-160.

- PROCTOR, H. C. 2003. Feather mites (Acari: Astigmata): Ecology, behavior, and evolution. *Annual Review of Entomology*, **48**: 185-209.
- RAMÍREZ- PULIDO, J., J. ARROYO-CABRALES Y A. CASTRO-CAMPILLO. 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica, Mexicana* (n.s.), **21**(1): 21-82.
- RIOS-CASANOVA, L. Y Z. CANO-SANTANA. 1994. Análisis cuantitativo de los artrópodos epífitos del Pedregal de San Ángel. Pp. 275-281, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica El Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- TIBBETTS, T. 1957. A description of the male of *Archemyobia inexpectatus* Jamenson, together with a new species of *Archemyobia* from a Trinidad woolly opossum (Acarina, Myobiidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, **30**(4): 141-147.
- WALTER, D. E. Y H. C. PROCTOR. 1999. Mites: Ecology, evolution and behavior. CABI Publishing, Nueva York.
- WHITAKER JR., J.O. Y J. B. MORALES-MALACARA. 2005. Ectoparasites and other associates (Ectodytes) of mammals of Mexico. Pp. 535-666, en: Sánchez-Cordero, V. y R.A. Medellín (eds.). Contribuciones mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa. Instituto de Biología e Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México y CONABIO, México.

Apéndice 1. Lista de huéspedes y sus ácaros parásitos**REPTILIA**

SQUAMATA Oppel, 1811
Phrynosomatidae Fitzinger, 1843
Sceloporus torquatus torquatus
Wiegmann, 1828

Geckobiella texana
Hirstiella pelaezi
Eutrombicula alfreddugesi

AVES

APODIFORMES Peters, 1940
Trochilidae Vigors, 1825
Amazilia beryllina (Deppe, 1830)

Proctophyllodes huitzilopotzi

PASSERIFORMES Linnaeus, 1758
Tyrannidae Vigors, 1825
Tyrannus verticalis Say, 1823

Syringophilopsis sp.
Proctophyllodes pinnatus
Proctophyllodes sp. 2

Empidonax difficilis Baird, 1858

Parulidae Wetmore *et al.*, 1947
Melospiza melodia (Wilson, 1810)

Analges sp.
Proctophyllodes sp. 1
Proctophyllodes sp. 3
Mesalgoides sp.

Melospiza lincolni (Audubon, 1834)
Pipilo fuscus Swainson, 1827
Vermivora celata (Say, 1823)
Vermivora ruficapilla (Wilson, 1811)
Wilsonia pusilla (Wilson, 1811)

Proctophyllodes egglestoni
Proctophyllodes ludovicianus
Syringophilopsis ca. *elongatus*
Proctophyllodes egglestoni
Proctophyllodes sp. 3

Emberizidae Vigors, 1831
Passerina ciris (Linnaeus, 1758)

Trouessartia sp.

MAMMALIA

DIDELPHIMORPHIA Gill, 1872
Didelphidae Gray, 1821
Didelphis virginiana californica
Bennett, 1833

Didelphoecius serrifer
Archemyobia inexpectatus

RODENTIA Bowdich, 1821
Muridae Illiger, 1811
Baiomys taylori analogous
(Osgood, 1909)

Pseudoschoengastia pedregalensis
Odontacarus (Tarsalacarus) bakeri

Peromyscus gratus gratus Merriam,
1898

Ixodes sp. 2
Androlaelaps circularis
Radfordia cff. *subuliger*
Leptotrombidium potosina
Pseudoschoengastia anomala
Pseudoschoengastia pedregalensis
Odontacarus (Tarsalacarus) bakeri
Zacaltepetla hoffmannae

CARNIVORA Bowdich, 1821
Mephitidae Dragoo y Honeycutt, 1997
Spilogale putorius angustifrons
Howell, 1902

Ixodes sp. 1

SORICOMORPHA Gregory, 1810
Soricidae Fischer von Waldheim, 1817
Sorex saussurei saussurei Merriam, 1892
Orycterxenus mexicanus

Pseudoschoengastia pedregalensis
Pseudoschoengastia anomala
Amorphacarus sp.

CHIROPTERA Blumenbach, 1779
Phyllostomidae Gray, 1825
Choeronycteris Mexicana Tschudi,
1844

Periglischrus leptosternus

Estructura de la comunidad de colémbolos del mantillo

Ángela Arango-Galván, Leopoldo Cutz-Pool y Zenón Cano-Santana

Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de México
arangela@hotmail.com

Introducción

Un componente dominante de la fauna edáfica, junto con los ácaros, son los colémbolos (Takeda *et al.*, 1984), a los cuales se les puede encontrar en la hojarasca y en el humus (Cassagnae *et al.*, 2003, 2004), y se consideran como habitantes típicos de suelo (Arbea y Blasco-Zumeta, 2001). La mayoría de los colémbolos se alimentan de hifas de hongos o de material vegetal en descomposición (Palacios-Vargas y Gómez-Anaya, 1994). También existen algunas especies carnívoras que se alimentan de nemátodos, rotíferos, tardígrados, bacterias, protozoarios y de otros colémbolos (Palacios-Vargas y Vidal-Acosta, 1994; Rusek, 1998), y muy pocos se alimentan de algas y de tejidos vegetales de algunas especies de musgos (Gerson, 1969; Rusek, 1998; Johnston, 2000). Por otra parte, los colémbolos también constituyen el alimento de muchos insectos (como hormigas y escarabajos), de ácaros prostigmados de la familia Bdellidae y de esquizómidos, por lo cual tienen gran relevancia en su papel como intermediarios en las cadenas tróficas edáficas (Rusek, 1998; de Armas, 2005).

Por el tipo de alimentación que tienen, juegan un papel muy importante en la descomposición de la materia orgánica, al fraccionar y triturar los restos vegetales aumentando la superficie de implantación de la microflora (Arbea y Blasco-Zumeta, 2001), además de controlar las poblaciones de bacterias y hongos patógenos (Nakamura *et al.*, 1992; Sabatini e Innocenti, 2001).

Los colémbolos son muy importantes por su influencia sobre la estructura de algunos suelos. La mayoría de ellos contienen millones de heces fecales de colémbolos que pueden retardar la liberación de nutrientes esenciales para que las tomen las raíces de las plantas, y que sirven como sustrato para una gran cantidad de microorganismos (Butcher *et al.*, 1971; Palacios-Vargas *et al.*, 2000).

Se conocen cerca de 7,500 especies de colémbolos que se distribuyen ampliamente por el mundo, ya que tienen gran capacidad para ocupar diversos hábitats (Hopkin 1998, 2002a). A pesar de su notoria abundancia, su biomasa relativa en el suelo es generalmente baja: en ecosistemas templados representa entre 1 y 5%, en zonas árticas cerca de 10%, pero suele tener 33% en ecosistemas en estados tempranos de sucesión (Hopkin, 2002b).

En México se tienen registros de 714 especies de colémbolos (Castaño-Meneses, 2005) y en algunos sitios se registra una alta riqueza de especies como en la selva mediana subperennifolia de Noh-Bec, Q. Roo (107 especies; Cutz-Pool *et al.*, 2003), en la selva baja inundable de la reserva de la biosfera de Sian Ka'an, Q. Roo (79; Vázquez y Palacios-Vargas, 2004), en la selva baja caducifolia de la Estación Biológica Chamela, Jal. (64; Palacios-Vargas y Gómez-Anaya, 1993), y en la selva tropical húmeda de Chiapas (43 especies; Palacios-Vargas, 2003).

La supervivencia y la distribución horizontal de los colémbolos está determinada por la disponibilidad de alimento y abrigo, por el microclima y por la com-

posición y espesor del mantillo (Guillén *et al.*, 2006). Por otra parte, los colémbolos en su mayoría tienden a registrar una baja actividad en la temporada de sequía reduciendo sus poblaciones de un 30 a un 90% (Palacios-Vargas y Castaño-Meneses 2003). Se infiere por lo tanto que la precipitación y la humedad de los suelos constituyen factores clave que afectan a muchas poblaciones de colémbolos (Cutz-Pool *et al.*, 2007).

Existen pocos estudios acerca de la fauna colembológica de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, D.F. (México) (en adelante, REPSA o Reserva del Pedregal), entre los que se cuentan el de Palacios-Vargas (1981) y el de Arango-Galván *et al.* (2007). Dentro de la Reserva se reconocen dos tipos de paisaje: unos sitios abiertos caracterizados por presentar bajas densidades de árboles y arbustos altos, y sitios cerrados caracterizados por una alta densidad de árboles y arbustos de más de 2.5 m de altura (Cano-Santana, 1994). Es posible que estas unidades de paisaje tengan un efecto sobre la densidad, riqueza y diversidad de colémbolos.

Por tal motivo, el presente trabajo busca conocer la estructura de la comunidad de los colémbolos que se asientan en las primeras etapas de colonización del mantillo proveniente de las cuatro especies de plantas más importantes de la REPSA en términos de productividad primaria neta aérea. Este estudio busca también conocer las diferencias entre sitios en esta estructura de la comunidad.

Métodos

Especies seleccionadas

Se seleccionó material vegetal de cuatro especies de plantas: hojas senescentes de *Buddleia cordata* Kunth (Loganiaceae), tallos, hojas y frutos maduros y seniles de *Dahlia coccínea* Cav (Asteraceae), hojas e infrutescencias de *Muhlenbergia robusta* Hitch (Poaceae) y hojas senescentes de *Verbesina virgata* Cav (Asteraceae), por ser las cuatro especies de plantas dominantes de la comunidad vegetal en términos de su productividad primaria neta aérea, las cuales juntas aportan el 52.2% (Cano-Santana, 1994).

Colecta y procesamiento de muestras

Se colectó material senescente de las cuatro especies vegetales más abundantes en la REPSA, se secó a temperatura ambiente y se colocó en cantidades iniciales de 10 g dentro de bolsas de malla de 20 × 20 cm con dos tamaños de apertura (1.5 y 6 mm), las cuales fueron colocadas en el piso en diez sitios de 10 × 10 m dentro de la Reserva, cinco localizados en sitios abiertos y cinco en sitios cerrados. El diseño consistió en 2 tipos de sitio × 2 tipos de malla × 7 colectas. Se recuperaron cuatro bolsas de cada sitio cada 45 días, durante doce meses, de diciembre 1999 a diciembre del 2000, para obtener un total de 280 bolsas del material procesado (cuatro por tratamiento). La extracción de los colémbolos se realizó utilizando la técnica de embudos de Berlesse-Tullgren con focos de 25 W. Los organismos se preservaron en alcohol al 70%, se separaron y se contabilizaron con ayuda de un microscopio estereoscópico.

Se hicieron preparaciones permanentes con líquido de Hoyer para la identificación. Estas determinaciones fueron hechas con ayuda de un microscopio óptico de contraste de fases y con el apoyo de diferentes claves taxonómicas adecuadas para el grupo: Christiansen y Bellinger (1980-81), Arbea y Arbea (1989), Palacios-Vargas y Gómez-Anaya (1993), Díaz-Azpiazu *et al.* (2004) y Janssens (2007).

Las preparaciones permanentes fueron depositadas en la Colección del Laboratorio de Microartrópodos de la Facultad de Ciencias, UNAM.

Análisis de datos

Se determinaron las abundancias relativas, la riqueza de especies (S), los índices de diversidad de Shannon-Wiener con base logaritmo natural (H'), de equitatividad de Pielou (J') y de dominancia de Simpson (λ), utilizando el programa estadístico de Ludwig y Reynolds (1988).

Se determinó el efecto de la fecha de colecta, el tipo del sitio y la abertura de malla sobre la densidad de colémbolos con un análisis de varianza multifactorial. Además, se compararon los índices de diversidad de Shannon-Wiener con una prueba de t (Zar, 1984; Magurran, 1988).

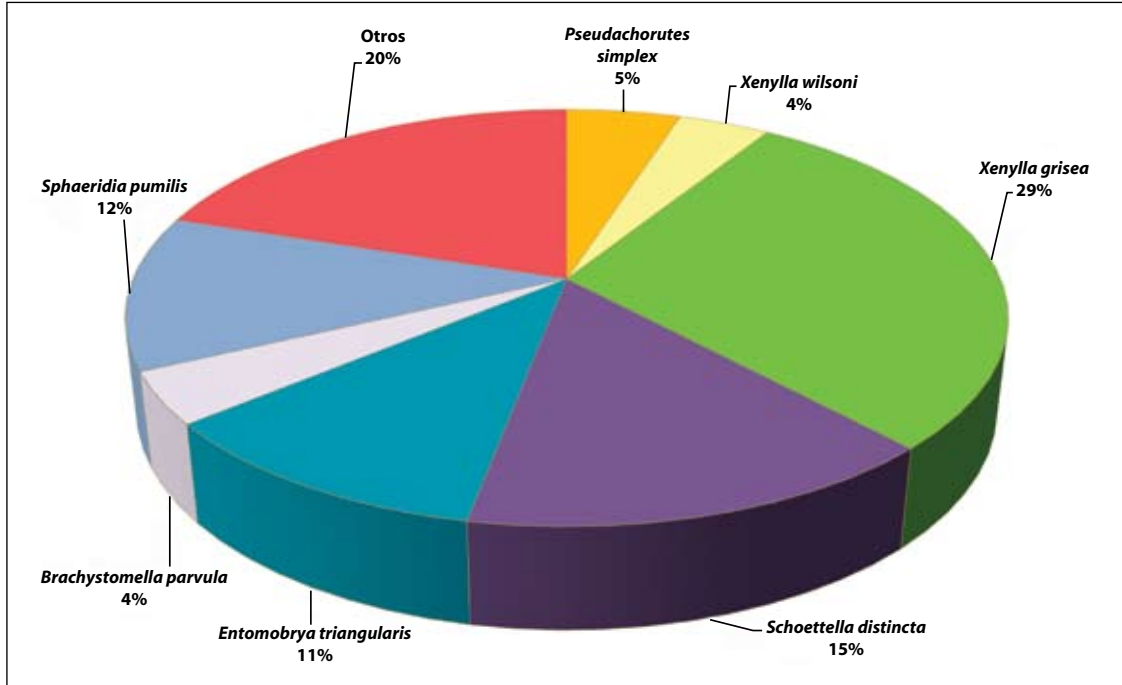


FIG. 1. Abundancia relativa de especies de colémbolos encontrados en la Reserva del Pedregal. Datos de colecta realizados entre enero y diciembre de 2000.

Resultados

Se colectaron un total de 2,268 colémbolos pertenecientes a 24 especies, distribuidas en 17 géneros y nueve familias (Tabla 1). La familia Hypogastruridae fue la que presentó una mayor riqueza de especies (siete), seguida de la familia Isotomidae (cinco), Entomobryidae (tres), Sminthuridae, Sminthuridae y Arrhopalidae (dos), mientras las otras tres familias registraron una sola especie (Tabla 1). Las especies con mayor abundancia durante el estudio fueron *Xenylla grisea* Axelson (29%), *Schoettella distincta* (Denis) (15%), *Sphaeridia pumilis* (Krausbauer) (12%) y *Entomobrya triangularis* Schött (11%) (Fig. 1). Se muestran fotografías de las especies dominantes en las Figs. 2 y 3. En la temporada de lluvias se colectaron 2,154 ejemplares pertenecientes a 23 especies, mientras que en la de sequía se registraron 114 individuos pertenecientes a sólo dos especies: *Entomobrya atrocineta* y *E. triangularis*.

De manera general los colémbolos registraron bajas densidades en los primeros meses del ensayo (sitio

abierto: 0.2 ± 0.1 , sitio cerrado: 1 ± 0.02 ind./bolsa), sin embargo registran dos periodos de alta densidad: junio (sitio abierto: 36.0 ± 5.3 , sitio cerrado: 80.0 ± 4.3 ind./bolsa) y septiembre (sitio abierto: 28.4 ± 3.1 , sitio cerrado: 41.8 ± 6.0 ind./bolsa), registrándose bajas densidades en julio (sitio abierto: 0.7 ± 0.1 , sitio cerrado: 3.2 ± 0.4 ind./bolsa) y en diciembre de 2000 (sitio abierto: 0.4 ± 0.05 , sitio cerrado: 0.4 ± 0.1 ind./bolsa) (Fig. 4).

Los primeros colonizadores en el proceso de descomposición de este experimento fueron aquellas especies pertenecientes a la familia Entomobryidae (*Entomobrya atrocineta* y *E. triangularis*), las cuales se registraron en los meses de marzo y mayo (Tabla 1), posteriormente al inicio de la temporada de lluvias, se presentaron especies representando a la mayoría de las familias exceptuando a Arrhopalidae y Dicyrtomidae, las cuales fueron registradas hasta mediados de la temporada de lluvias (Tabla 1).

La mayoría de las especies (23) se registraron exclusivamente en la temporada de lluvias, excepto dos

Tabla 1. Registros de cada especie de colémbolos asociados al mantillo durante los muestreos realizados entre enero y diciembre de 2000 en la Reserva del Pedregal. Se registra el número de ejemplares colectados en cada temporada. + Nuevos registros para el Pedregal de San Ángel. * Nuevos registros para el Distrito Federal. La temporada de sequía abarca de noviembre a mayo y la de lluvias de junio a octubre. en= 31 de enero, mz= 14 de marzo, my= 4 de mayo, jn= 26 de junio, sp= 14 de septiembre y dc= 15 de diciembre). El significado de los valores de Abundancia se explica en el apartado de Análisis de datos.

Familia/especies	Lluvias	Sequía	en	mz	my	jn	sp	dc
Hypogastruridae								
+ <i>Ceratophysela denticulada</i> (Bagnall, 1941) Stach, 1949	22							X
+ <i>Schoettella distincta</i> (Denis, 1931) Bonet, 1931	347					x	x	X
+ <i>Xenylla grisea</i> Axelson, 1900	646					x	x	X
+ * <i>X. wilsoni</i> da Gama, MM, 1974	82						x	
+ * <i>X. ca. boernerii</i>	52							X
+ * <i>X. boernerii</i> Axelson, WM, 1905	30							x
+ <i>X. christianseni</i> da Gama, MM, 1974	15						x	
Brachystomellidae +								
+ * <i>Brachystomella parvula</i> (Schäffer, 1896) Stach, 1926	83					x		
Neanuridae +								
+ * <i>Pseudachorutes simplex</i> Maynard, EA, 1951	119					x		x
Isotomidae								
<i>Folsomides parvulus</i> Stach, 1922	33					x		
+ <i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896) Bagnall, 1940	34						x	
+ <i>Isotoma</i> sp.	9						x	
+ <i>Isotomiella minor</i> (Schäffer, 1896) Yosii, 1939	10					x		
+ * <i>Isotomurus ca. cibus</i>	32					x		
Entomobryidae								
+ <i>Entomobrya atrocincta</i> Schött, 1896		17		x				
+ <i>E. triangularis</i> Schött, 1896	163	97		x	x	x		
+ * <i>Pseudosinella ca. aera</i>	29						x	
Sminthuridae +								
+ * <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898) Agrell, 1934	277					x	x	x
+ * <i>S. serrata</i> Folsom & Mills, 1938	12					x		
Arrhopalitidae +								
+ * <i>Arrhopalites ca. benitus</i>	26						x	x
+ * <i>Collophora quadriculata</i> (Denis, 1933)	15						x	
Dicyrtomidae +								
+ <i>Ptenothrix marmorata</i> (Packard, 1873) Mills, HB, 1934	19						x	
Sminthuridae								
+ * <i>Sminthurus butcheri</i> Snider, RJ, 1969	38					x		
+ * <i>Neosminthurus clavatus</i> (Banks, 1897) Guthrie, 1903	61					x		x
Abundancia	2,154	114						
S	23	2						
H'	2.58	0.42						
J'	0.69	0.65						
Λ	0.10	0.74						

especies de la familia Entomobryidae (*E. triangularis* y *E. atrocincta*), las cuales fueron registradas tanto en la temporada de lluvias como en la de secas (Tabla 1).

Se encontró un efecto significativo de la fecha de colecta ($F_{6, 476}=11, P<0.001$), pero no de la abertura de malla ($F_{1,476}=0.09, P<0.001$) ni del tipo de sitio ($F_{1,476}=0.23, P<0.001$) sobre la densidad de colémbolos presentes en el mantillo. En la temporada de lluvias se registró mayor abundancia, riqueza, diversidad y equitatividad, así como menor índice de dominancia que en la temporada de secas (Tabla 1). Se presentaron diferencias significativas entre temporadas en el índice de diversidad de Shannon-Wiener ($t_{115}=2.626, P<0.05$)

Discusión

En este trabajo los colémbolos presentaron una abundancia total de 2,268 ind., valor similar al que trabajaron Ardanaz y Jordana (1986) en un prado de matorral en Navarra, España (2,344 ind.) durante un año de recolecta mensual.

De acuerdo a los datos anteriores podemos decir que en el proceso inicial de la sucesión degradativa del mantillo, intervienen únicamente especies pertenecientes a la familia Entomobryidae, y conforme el proceso de descomposición avanza, el arribo de las demás especies de Collembola se hace notoria (Tabla 1).

La alta abundancia y riqueza que se presenta en la temporada de lluvias, puede obedecer al comportamiento favorable para la mayoría de las especies de colémbolos, ya que una humedad adecuada favorece la descomposición de la hojarasca reflejado en un aumento de la materia orgánica del cual se podrían estar alimentando estas especies.

Una de las causas posibles de no haber encontrado un efecto significativo de la abertura de malla y del tipo de sitio sobre las densidades poblacionales de colémbolos, probablemente se explica debido a que la diferencia entre éstas en cuanto a su abertura no fue lo suficientemente contrastante como para hacer una diferencia en las comunidades de colémbolos. Por otro lado, es probable que la malla haya proporcionado un efecto microclimático, proporcionando condiciones similares en ambos sitios.

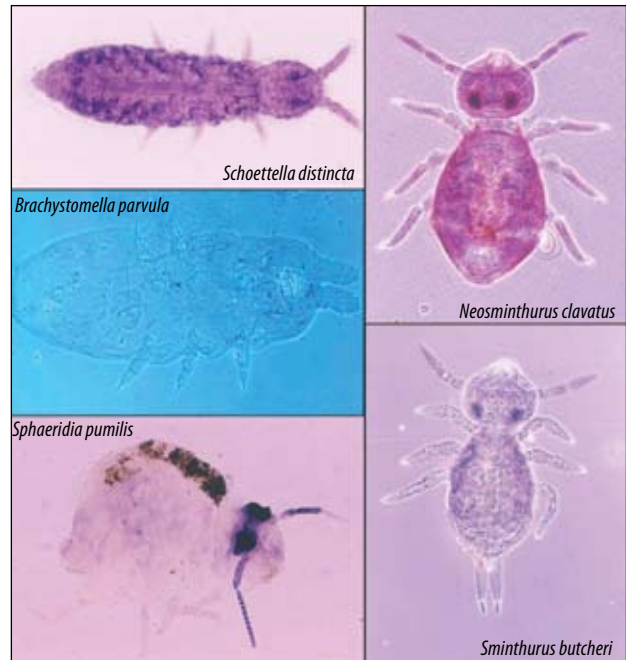


FIG. 2. Colémbolos representativos del mantillo de la Reserva del Pedregal.

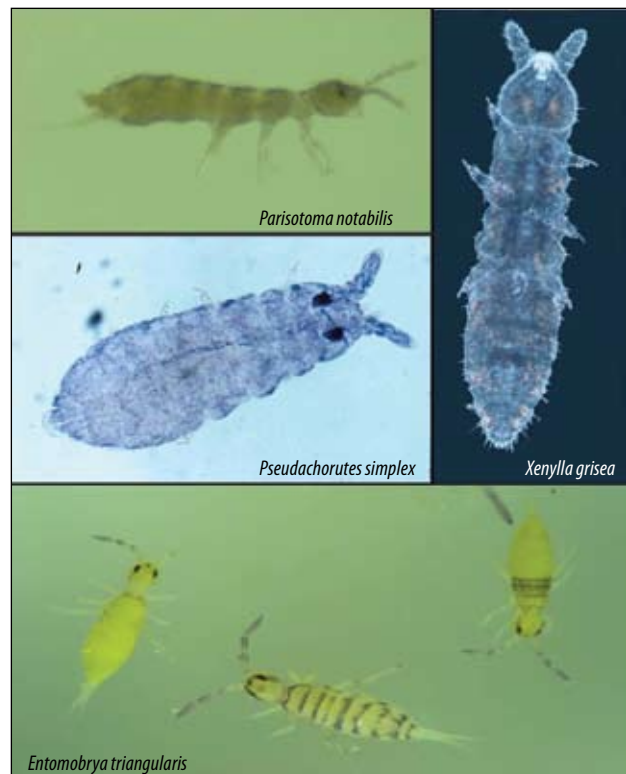


FIG. 3. Colémbolos representativos del mantillo de la Reserva del Pedregal.

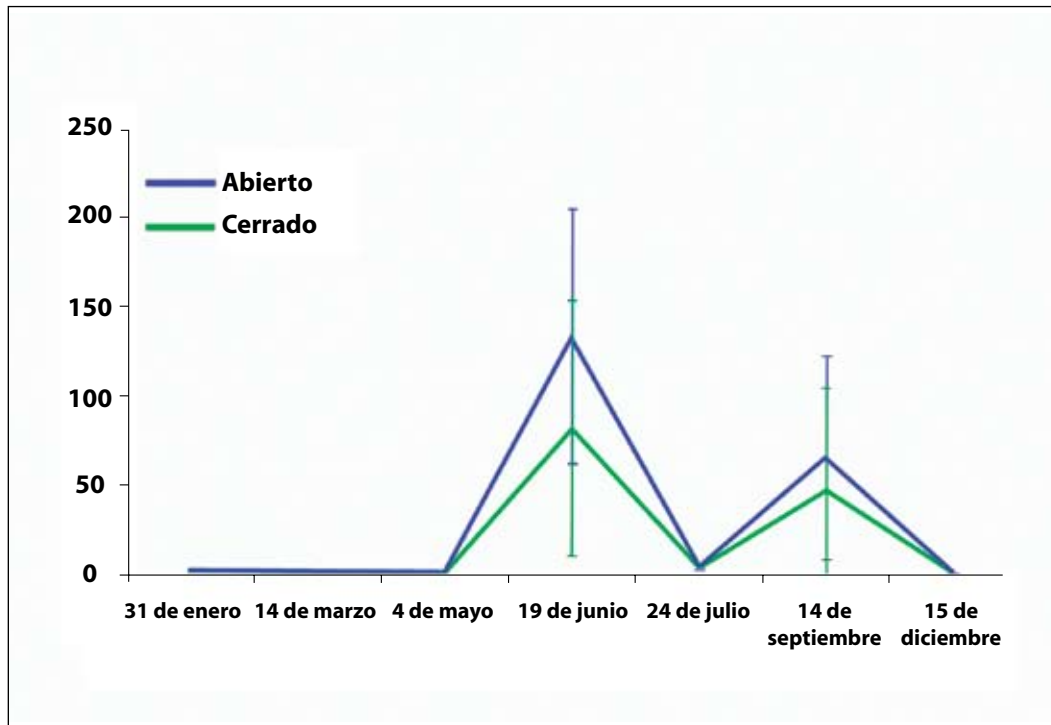


FIG. 4. Densidad de organismos (No./bolsa \pm e.e.) en el ensayo de descomposición de hojarasca mixta en dos ambientes contrastantes de la Reserva del Pedregal durante el año 2000.

Por otra parte, la disminución de la abundancia y de la riqueza en la época de sequía está ligada precisamente a una falta de humedad idónea para ejercer las funciones de los colémbolos. En esta temporada las dos especies que se presentan son *Entomobrya atrocincta* y *E. triangularis*, especies que podrían soportar las condiciones secas del ambiente. Esta reducción tan drástica en la abundancia y riqueza es semejante a lo que encontraron Palacios-Vargas y Castaño-Meneses (2003) en un bosque tropical seco en Jalisco.

El número de especies reportadas para la Reserva del Pedregal es ligeramente bajo (24) con relación a lo que reporta Ardanaz y Jordana (1986) para un matorral (32) en las Peñas de Echauri en Navarra, España. Por otra parte, el total de especies en este estudio es elevado comparado con lo que Palacios-Vargas (1981) reporta para el Pedregal de San Ángel en un trabajo previo (17 especies). También es elevado si se compara con las cuatro especies reportadas por Detsis (2000) en una zona cercana al río Nestos en el noroeste de Grecia, con un clima mediterráneo subhúmedo. Las discrepancias en los resultados obtenidos en este estudio y

el de Palacios-Vargas (1981) deben estar relacionados con el hecho de que el segundo abordó el estudio de colémbolos asociados al suelo mineral, que generalmente es más pobre en especies.

Para el Distrito Federal (D.F.) se tienen registradas 102 especies pertenecientes a 48 géneros y 15 familias (Palacios-Vargas *et al.*, 2000; 2004). De las nueve familias encontradas en este estudio, cinco no se habían registrado antes para esta zona: Arrhopalididae, Brachystomellidae, Dicyrtomidae, Neanuridae y Sminthuridae. Por otra parte, de las 24 especies que se reportan 23 de ellas son nuevos registros para la Reserva del Pedregal y 13 son los primeros registros para el D.F.

Dadas las 102 especies registradas por Palacios-Vargas *et al.* (2000; 2004) y los 13 registros nuevos para el D.F., encontrados en este trabajo, se incrementa a 115 el número de especies registradas para el D. F. Por esta razón esta entidad federativa pasa a tomar la segunda posición después del estado de Veracruz en cuanto a la riqueza específica conocida de colémbolos en la República Mexicana.

Agradecimientos

A Carmina Martínez, Carlos Anaya y Víctor López Gómez por el apoyo incondicional en el trabajo de campo. También agradecemos al Dr. José G. Palacios Vargas por la revisión del manuscrito y sus valiosos comentarios. Al M. en C. Alejandro Martínez Mena por el material fotográfico.

Literatura citada

- ARANGO-GALVÁN, A., L. Q. CUTZ-POOL Y Z. CANO-SANTANA. 2007. Estructura de la comunidad de colémbolos del mantillo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Riqueza, composición y abundancia relativa. *Entomología Mexicana*, **6**: 397-400.
- ARBEA, R. Y J. I. ARBEA. 1989. Clave de identificación de los géneros de colémbolos de España (Insecta: Collembola). *Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra*, **19**: 1-16.
- ARBEA, J. I. Y J. BLASCO-ZUMETA. 2001. Ecología de los colémbolos (Hexapoda: Collembola) en los Moneiros (Zaragoza, España). *Aracnet*, **7**: 35-48.
- ARDANAZ, A. Y R. JORDANA. 1986 Estudio ecológico sobre la fauna colembológica de las peñas de Chauri, Navarra. (Insecta, Collembola). III. Prado-matorral. Actas de las VIII Jornadas Asociación Española Entomológica, 253-260.
- BUTCHER, J. W., R. ZINDER Y R. J. SNIDER. 1971. Bioecology of edaphic Collembola and Acaria. *Annual Review of Entomology*, **16**: 249-288.
- CANO-SANTANA, Z. 1994. La Reserva del Pedregal de San Ángel como ecosistema: Estructura trófica. Pp. 149-155, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTAÑO-MENESES, G. 2005. Reseña: Catálogo de los (Hexapoda: Collembola) de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **76**: 107-108.
- CASSAGNE, N., C. GERS Y T. GAUQUELIN. 2003. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands (France). *Biology and Fertility of Soils*, **37**: 355-361.
- CASSAGNE, N., M. C. BAL-SERIN, C. GERS Y T. GAUQUELIN. 2004. Changes in humus properties and collembolan communities following the replanting of beech forests with spruce. *Pedobiologia*, **48**: 267-276.
- CHRISTIANSEN, K Y P. BELLINGER. 1980-81. The Collembola of North America north the Rio Grande, a taxonomical analysis. Grinnell College, Grinnell, Iowa.
- CUTZ-POOL, L. Q., J. G. PALACIOS-VARGAS Y M. M. VÁZQUEZ. 2003. Comparación de algunos aspectos ecológicos de Collembola en cuatro asociaciones vegetales de Noh-Bec, Quintana Roo, México. *Folia Entomológica Mexicana*, **42**: 91-101.
- CUTZ-POOL, L. Q., J. G. PALACIOS-VARGAS, G. CASTAÑO-MENESES Y N. E. GARCÍA-CALDERÓN. 2007. Edaphic Collembola from two agroecosystems with contrasting irrigation type in Hidalgo State, México. *Applied Soil Ecology*, **36**: 46-52.
- DE ARMAS, L. F. 2005. Los esquizómidos troglobios de Cuba (Arácnida: Schizomida). *Espelunca@digital*, 1: 2-5. www.sec1940galeon.com. 1 de abril de 2008.
- DÍAZ-AZPIAZU, M., V. GONZÁLEZ-CAIRO, J. G. PALACIOS-VARGAS Y M. LUCIÁÑEZ-SÁNCHEZ. 2004. Clave dicotómica para la determinación de los colémbolos de Cuba (Hexapoda: Collembola). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, **34**: 73-83.
- DETSIS, V. 2000. Vertical distribution of Collembola in Deciduous Forest under Mediterranean climatic conditions. *Belgian Journal of Zoology*, **130**: 55-59.
- GERSON, U. 1969. Moss-arthropod association. *Bryologist*, **72**: 495-50.
- GUILLÉN, C., F. SOTO-ADAMES Y M. SPRINGER. 2006. Diversidad y abundancia de colémbolos edáficos en un bosque primario, un bosque secundario y un cafetal en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, **30**: 7-17.
- HOPKIN, S. P. 1998. Collembola: The most abundant insects on earth. *Antennae*, **22**: 117-121.
- HOPKIN, S.P. 2002a. The biology of the Collembola (springtails): The abundant insects in the world.

- www.fathom.com/feature/122603. 27 de septiembre de 2007.
- HOPKIN, S.P. 2002b. Collembola. Encyclopedia of Soil Science, 207-210.
- JANSSENS, F. 2007. Checklist of the Collembola. <http://www.collembola.org/taxa/collembola.htm>.
- JONHSTON, J. M. 2000. The contribution of microarthropods to aboveground food webs: A review and model of belowground transfer in a Coniferous Forest. *American Midland Naturalist*, **143**: 226-238.
- LUDWIG, J. A. Y J. F. REYNOLDS. 1988. Statistical ecology: A primer in methods and computing. John Wiley & Sons, Nueva York.
- MAGURRAN, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- NAKAMURA, Y., I. MATSUZAKI Y J. ITASURA. 1992. Effect of grazing by *Sinella curviseta* causing cucumber disease. *Pedobiología*, **36**: 168-171.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. 1981. Notes on Collembola of Pedregal de San Angel, Mexico. *Entomological News*, **92**: 42-44.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. 2003. Los microartrópodos (Collembola) de la selva tropical húmeda. Pp. 217-225, en: Álvarez-Sánchez, J. y E. Naranjo-García (eds.). Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México. Instituto de Ecología, A.C., Instituto de Biología y Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. Y J. A. GÓMEZ-ANAYA. 1993. Los Collembola (Hexapoda: Apterygota) de Chamela, Jalisco, México (Distribución ecológica y claves). *Folia Entomológica Mexicana*, **89**: 1-34.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. Y J. A. GÓMEZ-ANAYA. 1994. Lista actualizada de colémbolos micetófilos de México (Hexapoda: Entognatha). *Folia Entomológica Mexicana*, **92**: 21-30.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. Y M. V. VIDAL-ACOSTA. 1994. Nuevas especies de *Friesea* (Collembola: Neanuridae) de reservas biológicas de México. *South-western Entomologist*, **19**: 291-299.
- PALACIOS-VARGAS, J. G., G. CASTAÑO-MENESES Y B. E. MEJÍA-RECAMIER. 2000. Collembola. Pp. 249-281, en: Llorente-Bousquets J., E. González-Soriano y N. Papavero (eds.). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Universidad Nacional Autónoma de México-CONABIO, México.
- PALACIOS-VARGAS, J. G. Y G. CASTAÑO-MENESES. 2003. Seasonality and community composition of springtials in Mexican forests. Pp. 159-169, en: Basset Y., V. Novotny, S.E. Miller y R.L. Kitching (eds.). Arthropods of tropical forests: Spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy. Cambridge University Press, Cambridge.
- PALACIOS-VARGAS, J. G., L. Q. CUTZ-POOL Y D. ESTRADA-BÁRCENAS. 2004. Actualización de la colección de Collembola de México. *Entomología mexicana*, **3**: 764-768.
- RUSEK, J. 1998. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, **7**: 1207-1219.
- SABATINI, M.A. Y G. INNOCENTI. 2001. Effects of Collembola on plant-pathogenic fungus interactions in simple experimental systems. *Biology Fertil Soils*, **33**: 62-66.
- TAKEDA, H., B. PRACHAIYO Y T. TSUTSUMI. 1984. Comparison of decomposition rates of several tree leaf litter in a tropical forest in the North-East Thailand. *Journal of Ecology*, **34**: 311-319.
- VÁZQUEZ, M. M. Y J. G. PALACIOS-VARGAS. 2004. Catálogo de los colémbolos (Hexapoda: Collembola) de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Universidad de Quintana Roo-CONABIO, México.
- ZAR, H. J. 1984. Biostatistical analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J.

Aspectos fenológicos de Coleoptera (1961-1962)

Santiago Zaragoza Caballero

Departamento de Zoología, Instituto de Biología,
Universidad Nacional Autónoma de México
zaragoza@ibiologia.unam.mx

Introducción

Soberón *et al.* (1991) registran la presencia de diversos grupos de insectos, entre los que se encuentran ortópteros, homópteros, hemípteros, tisanópteros, coleópteros, lepidópteros y dípteros habitantes del Pedregal de San Ángel, que han sido estudiados por diversos autores, bajo diferentes temáticas tales como: polinización, flujo de energía, desarrollos biológicos, registros de especies nuevas y relación planta-insecto, entre otras.

La presente contribución, analiza la variación espacial y temporal de 18 familias de Coleoptera que fueron recolectadas en el Pedregal de San Ángel, en el transcurso de los años 1961 y 1962.

Material y métodos

Para realizar el trabajo de campo, se tomó como punto de referencia el mapa publicado por Rzedowski (1954) en el que se ubican y analizan 10 biotopos con distintos tipos de vegetación dominante que son: (1) Senecionetum praecosis, (2) Quercetum rugosae fruticosum, (3) Quercetum centralis lavosum, (4) Quercetum rugosae crassipedis, (5) Pinetum hartwegii, (6) Pinetum teocote, (7) Abietum religiosae, (8) Alnetum firmifoliae, (9) Quercetum centralis fofosum y (10) claros con vegetación primitiva destruida. Sobre dicho mapa (Fig. 1), se marcaron 28 sitios, que se refieren en principio, a las áreas con vegetación dominante y a zonas de transición entre las mismas. En 20 salidas al

campo, se obtuvieron muestras de 13 localidades que se ubican entre los 2260 y los 3000 m s.n.m. usando redes aéreas. Concurrieron dos personas y por cinco horas por las mañanas, de tal manera que se emplearon 200 horas/hombre en el transcurso de de ocho meses divididos en dos periodos: el de lluvias abarcó los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre de 1961 y el seco que incluyó diciembre de 1961, y marzo y abril de 1962.

Resultados y discusión

Se recolectaron 1452 individuos representantes de 18 familias (Tablas 1 y 2). Las más abundantes fueron Chrysomelidae, Coccinellidae, Curculionidae y Melyridae con 408, 359, 147 y 135 individuos, respectivamente. Por el contrario las más pobremente representadas fueron: Cleridae, Dermestidae, Buprestidae y Elateridae con uno, uno, tres y cinco individuos cada una.

En la temporada lluviosa se recolectaron 1088 individuos de 17 familias. La más representativa fue Chrysomelidae seguida de Coccinellidae, Curculionidae y Melyridae (Tabla 1; Fig. 2). En el periodo seco, 11 fueron las familias recolectadas. siendo Coccinellidae la que registró mayor abundancia relativa, seguida de Chrysomelidae y Tenebrionidae (Tabla 1; Fig. 2).

Por otro lado, las zonas que registraron mayor abundancia fueron aquellas pertenecientes a las asociaciones vegetales Senecionetum praecosis, Quercetum centralis fofosum y el área con claros, en donde se re-

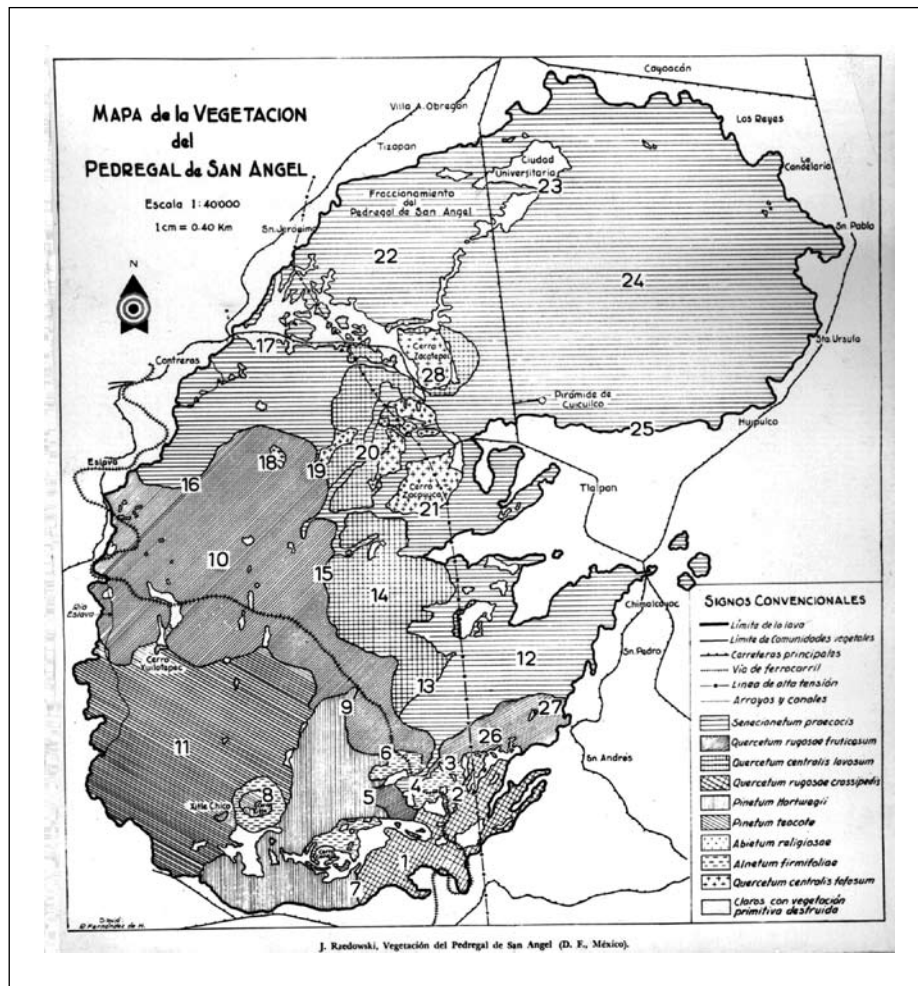


Fig. 1 Mapa del Pedregal de San Ángel tomado de Rzedowski (1954), indicando las localidades seleccionadas para la recolección de coleópteros.

colectaron 680, 375 y 188 individuos, respectivamente (Tabla 2). En contraste, las zonas que registraron menor abundancia fueron en la que se registraba Pinetum teocote y Alnetum firmifoliae con tres y cinco ejemplares cada una. En Quercetum rugosae crassipedis no se registraron escarabajos.

Familias registradas

A continuación se comentan registros de ejemplares de cada familia de Coleoptera por fecha y tipo de vegetación asociada (Tablas 1 y 2).

Carabidae. Se capturaron 76 individuos que representan 5.2% de la muestra total. Presentes en siete meses, fueron más abundantes en julio y marzo. Depredan la micro fauna que se desarrolla durante la temporada

de lluvias o secas. Se encontraron en seis asociaciones vegetales, con mayor abundancia en Abietum religiosae y Senecionetum praecosis. El género más representativo fue *Colpodes*.

Staphylinidae. Se capturaron 37 individuos, que representan 2.5% del total de la muestra. Presentes en tres meses, fueron más abundantes en marzo. Son omnívoros de la temporada seca. Se encontraron en tres asociaciones vegetales, con mayor abundancia en Quercetum centralis lavosum. El género más representativo fue *Phylonthus*.

Scarabaeidae. Se capturaron 78 ejemplares que representan 5.4% de la muestra total. Presentes en seis meses, fueron más abundantes en julio y marzo. Se alimentan de las hojas de tepozán (*Buddelia cordata*) y gramíneas

Tabla 1. Número de ejemplares de Coleoptera recolectados cada mes en el Pedregal de San Ángel. Las casillas vacías indican que no se recolectaron ejemplares. Datos de 1961-1962.

Familia	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Dic	Mar	Abr	Total
Carabidae		26	8	4	10	1	25	2	76
Staphylinidae		1	1				35		37
Scarabaeidae	1	38	20	2	1			16	78
Buprestidae								3	3
Elateridae	1		4						5
Lycidae		2	9						11
Lampyridae	1	26	6	3				3	39
Cantharidae	1	5	2		34			1	43
Dermestidae			1						1
Cleridae					1				1
Melyridae		21	58	41	15				135
Coccinellidae	9	65	6	114	18	1	8	138	359
Mordellidae		2	3		1				6
Tenebrionidae	17	20	7	3	5	1	10	24	87
Meloidae	1	2	5						8
Cerambycidae		3	3	1				1	8
Chrysomelidae	169	124	7	1	10		1	96	408
Curculionidae		6	132		1			8	147
Total	200	341	272	169	96	3	79	292	1452

durante la temporada de lluvias, algunos se encuentran en la época seca. Se recolectaron en cuatro asociaciones vegetales, con mayor abundancia en Quercetum centralis fofosum, vegetación modificada y Senecionetum praecosis. El género más representativo fue *Macroductylus*.

Buprestidae. En abril Se capturaron únicamente tres individuos que representan 0.02% de la muestra total en la asociación vegetal de Quercetum centralis fofosum. *Acmaeodera* fue el género identificado.

Elateridae. Se recolectaron cinco ejemplares que representan 0.03% de la muestra total. Presentes en sólo dos meses, más abundantes en agosto. Se recolectaron en el follaje de encinos en la temporada de lluvias. Se encontraron en dos asociaciones vegetales, con mayor abundancia en Quercetum centralis fofosum.

Lycidae. Se recolectaron 11 ejemplares que representan 0.8% del total de la muestra. Presentes en cinco meses, fueron más abundantes en julio. Los adultos depredan pulgones y escamas, se recolectaron en tepozán, principalmente durante la temporada de lluvias. Se encontraron en tres asociaciones vegetales, con mayor abundancia en Quercetum centralis fofosum. El género más representativo fue *Lycus*.

Lampyridae. Se recolectaron 39 individuos que representan 2.7% de la muestra total. Presentes en cinco meses, fueron más abundantes en julio. Durante la temporada de lluvias, se recolectaron adultos que aparentemente ya no se alimentan. Se encontraron en cuatro asociaciones vegetales, con mayor abundancia en Senecionetum praecosis. El género más representativo fue *Photinus*.

Tabla 2. Número de ejemplares de Coleoptera colectados en 10 asociaciones vegetales del Pedregal de San Ángel. Datos (1961-1962: (1) Senecionetum praecosis, (2) Quercetum rugosae fruticosum, (3) Quercetum centralis lavosum, (4) Quercetum rugosae crassipedis, (5) Pinetum hartwegii, (6) Pinetum teocote, (7) Abietum religiosae, (8) Alnetum firmifoliae, (9) Quercetum centralis fofosum, y (10) claros con vegetación primitiva destruida.

Familia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Carabidae	29	11	1				32		2	1	76
Staphylinidae	1		35						1		37
Scarabaeidae	20	5							30	23	78
Buprestidae									3		3
Elateridae	2								3		5
Lycidae		1							9	1	11
Lampyridae	26						2		6	5	39
Cantharidae	6	1							33	3	43
Dermestidae	1										1
Cleridae									1		1
Melyridae	53	7					11		57	7	135
Coccinellidae	312	10			5		5		17	10	359
Mordellidae							2		2	2	6
Tenebrionidae	54	9					15	3	6		87
Meloidae	4						1		2	1	8
Cerambycidae	2	2							1	3	8
Chrysomelidae	160	13	6			3	3	2	94	127	408
Curculionidae	10		15				9		108	5	147
Total	680	59	57	0	5	3	80	5	375	188	1452

Cantharidae. Se recolectaron 43 individuos que representan 3.0% de la muestra total. Presentes en cinco meses, fueron más abundantes en octubre. Se alimentan sobre las flores de compuestas que se desarrollan al término de la temporada de lluvias. Se encontraron en cuatro asociaciones vegetales, con mayor abundancia en Quercetum centralis fofosum. El género más representativo fue *Chauliognathus*.

Dermestidae. Se recolectó un ejemplar que representa 0.06% de la muestra total. En agosto y en Senecionetum praecosis. *Dermestes* fue el único género recolectado.

Cleridae. Se recolectó un ejemplar que representa 0.06% de la muestra total en octubre y en Quercetum centralis fofosum. El único género colectado fue *Cleros*.

Melerydae. Se recolectaron 136 individuos que representan 9.29% de la muestra total. Presentes en cuatro meses, fueron más abundantes en agosto y septiembre. Transportan el polen de flores diversas durante la temporada de lluvias. Se encontraron en cinco asociaciones vegetales, con mayor abundancia en Quercetum centralis fofosum y Senecionetum praecosis. El género más representativo fue *Melyrodes*.

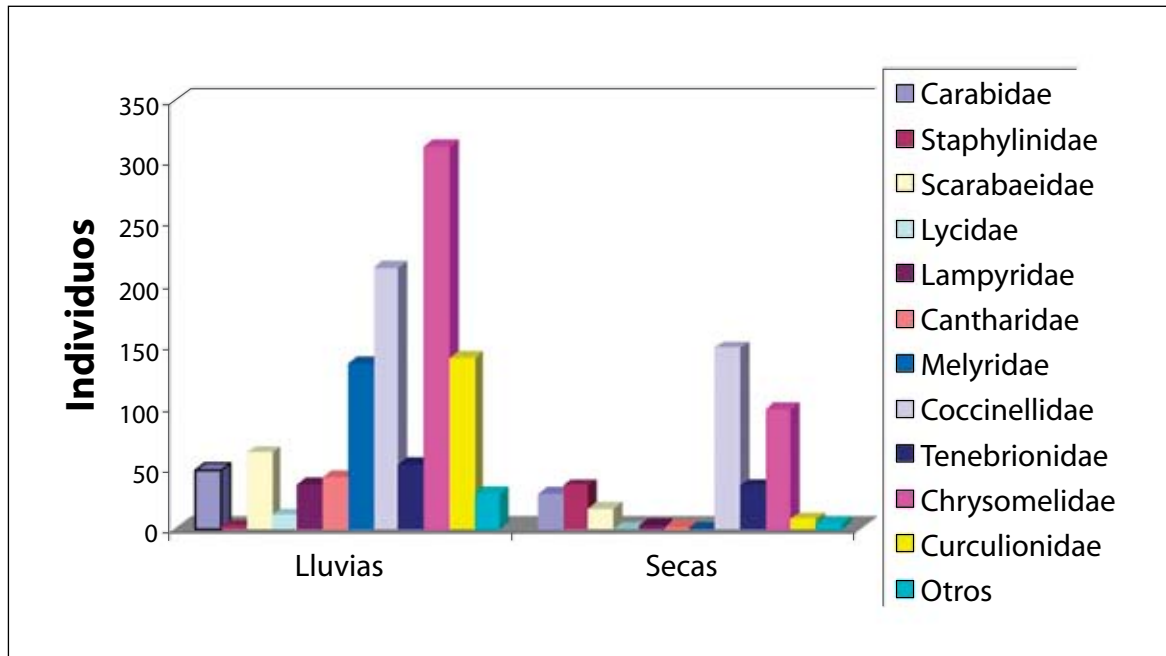


FIG. 2. Número de individuos de cada familia de Coleoptera colectados en Lluvias y secas. Datos de 1961-1962.

Coccinellidae. Se recolectaron 359 individuos que representan 24.7% de la muestra total. Presentes en ocho meses, fueron más abundantes en abril y septiembre. Son depredadores principalmente de áfidos, abundan en la temporada de secas. Se encontraron en seis asociaciones vegetales, con mayor abundancia en *Senecionetum praecosis*. El género más representativo fue *Hippodamia*.

Mordellidae. Se recolectaron seis ejemplares que representan 0.4% de la muestra total. Presentes en tres meses, con dos ejemplares en cada uno. Se recolectaron sobre flores en época lluviosa. Se encontraron en tres asociaciones vegetales, dos en cada uno.

Tenebrionidae. Se recolectaron 87 ejemplares que representan 6.0% de la muestra total. Presentes en ocho meses, fueron más abundantes en abril, junio y julio. Se alimentan de restos vegetales principalmente en la temporada de lluvias o secas. Se encontraron en cinco asociaciones vegetales, con mayor abundancia en *Senecionetum praecosis* y *Abietum religiosae*. El género más representativo fue *Eleodes*.

Meloidae. Se recolectaron ocho individuos que representan 0.55% de la muestra total. Presentes en tres meses,

fueron más abundantes en agosto. Son fitófagos de follaje herbáceo que se desarrolla durante la temporada de lluvias. Se encontraron en cuatro asociaciones vegetales, con mayor abundancia en *Senecionetum praecosis*. El género más representativo fue *Epicauta*.

Cerambycidae. Se recolectaron ocho ejemplares que representan 0.55% de la muestra total. Presentes en cuatro meses, fueron más abundantes en julio y agosto. Son fitófagos y aprovechan tallos herbáceos, madera viva o muerta, en general son más abundantes durante la temporada de lluvias. Se encontraron en cuatro asociaciones vegetales, con mayor abundancia en *Senecionetum praecosis*, *Quercetum rugosae fruticosum* y claros con vegetación primitiva destruida.

Chrysomelidae. Se recolectaron 408 individuos que representan 28.1% de la muestra total. Presentes en seis meses, fueron más abundantes en julio y abril. Se alimentan del follaje que se desarrolla durante la temporada de lluvias o secas. Se encontraron en ocho asociaciones vegetales, con mayor abundancia en *Senecionetum praecosis* y en claros con vegetación primitiva destruida. Los géneros más representativos fueron *Omophota* y *Oedeonychus*.

Curculionidae. Se recolectaron 147 individuos que representan 10.2% de la muestra total. Presentes en cuatro meses, fueron más abundantes en agosto. Se alimenta del follaje herbáceo que se desarrolla durante la temporada de lluvias. Se encontraron en cinco asociaciones vegetales, con mayor abundancia en *Quercetum centralis fofosum*.

Distribución temporal

En general, los coleópteros recolectados en la zona de estudio, siguen el mismo patrón fenológico registrado en otras regiones de México (Zaragoza *et al.*, 2003; Zaragoza 2004a, b, c; Noguera *et al.*, 2002, 2008). Los escarabajos de hábitos fitófagos son más abundantes y más diversos en la época lluviosa en respuesta a la riqueza de recursos alimenticios que prevalece en esa época. Por otro lado, los coleópteros adaptados a la época seca, son aquellos de hábitos carnívoros, fungívoros, granívoros o detritívoros que se nutren de restos orgánicos al ajustarse al alimento disponible.

En los biotopos del Pedregal trabajados resulta evidente la fluctuación mensual en la abundancia de las diferentes familias de escarabajos, registrándose familias dominantes a lo largo del año: *Chrysomelidae* dominó en junio y julio, *Curculionidae* en agosto, *Coccinellidae* en septiembre, octubre y abril, y *Staphylinidae* en marzo (Tabla 1).

Distribución espacial

La distribución espacial en insectos ha sido documentada, por varios autores (Stork y Brendell, 1970, 1990; Frankie *et al.*, 1974; Broadhead y Wolda, 1985; Barrera, 1991; Kicthing y Stork, 2001; Zilona y Nummelin, 2001; Álvarez-Duarte y Barrera-Castaño, 2007, entre otros), siempre relacionada a la cobertura vegetal.

Agradecimientos

Agradezco la invitación del Dr. Antonio Lot a participar en esta obra conmemorativa, que me permitió rescatar y comentar parte del material recolectado hace más de 45 años. También a Jessica Villanueva y a Omar Padrón, jóvenes interesados en el estudio de la coleopterofauna de la Reserva del Pedregal, cuyos comentarios me hicieron recordar la existencia del material comentado.

Los tipos de vegetación dominante que reconoce Rzedowski (1954) se ubican desde 2260 a 3000 m de altitud, con diferente tipo de suelo, temperatura media anual, régimen pluviométrico y humedad relativa, entre otros factores, los cuales afectan finalmente la distribución y abundancia de los organismos en el Pedregal de San Ángel (Meave *et al.*, 1994).

En general, en el Pedregal de San Ángel, se observó una mayor abundancia en *Senecionetum praecosis*, *Quercetum centralis fofosum* y claros con vegetación primitiva destruida (Tabla 2). No obstante, es notoria la variación de la familia dominante en cada biotopo. Así, mientras *Coccinellidae* fue dominante en *Senecionetum praecosis* y *Pinetum hartwegii*, *Chrysomelidae* lo fue en *Quercetum rugosae fruticosum*, *Pinetum teocote* y los claros con vegetación primitiva; *Carabidae* lo fue en *Abietum religiosae*, *Staphylinidae* en *Quercetum centralis lavosum*, *Tenebrionidae* en *Alnetum firmifoliae*, y *Curculionidae* en *Quercetum centralis lavosum* (Tabla 2).

Conclusiones

En el Pedregal de San Ángel durante 1961-1962 se registraron 1452 coleópteros pertenecientes a 18 familias. Se colectaron 1078 individuos principalmente de hábitos fitófagos durante la temporada de lluvias, en tanto que en la temporada de sequía se recolectaron 374 individuos de hábitos alimentarios diversos. La familia *Chrysomelidae* fue más abundante en junio y julio; *Curculionidae* en agosto; *Coccinellidae* en septiembre y abril; *Cantharidae* en octubre y *Staphylinidae* en marzo. La familia *Coccinellidae* fue más abundante en *Senecionetum praecosis*, *Chrysomelidae* en *Quercetum rugosae fruticosum* y en claros con vegetación primitiva destruida, *Staphylinidae* en *Quercetum centralis lavosum*. *Carabidae* en *Abietum religiosae* y *Curculionidae* en *Quercetum centralis fofosum*.

Literatura citada

- ÁLVAREZ-DUARTE, A. Y J. J. BARRERA-CASTAÑO. 2007. Estudio comparativo del ensamblaje de coleópteros en diferentes áreas de la Cantera Soratama, localidad de Usaquén, Bogotá. *Universitas Scientiarum. Revista de la Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javariana, Bogotá*, **12**: 47-56.
- BARRERA, L. M. 1991. Variación espacial y temporal de *Aphis gossypil* Glover (Homoptera: Aphidae) y su relación con algunos factores bióticos y abióticos durante la época de floración de *Echeverria gibbiflora* (Oct. 88-Feb. 89) en la Reserva del Pedregal de San Ángel, D. F. Tesis profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BROADHEAD, E. Y H. WOLDA. 1985. The diversity of Psocoptera in two tropical forests in Panama. *Journal of Animal Ecology*, **54**: 739-754.
- FRANKIE, G. W., H.O. BARKER Y P. A. OPIER. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands Costa Rica. *Journal of Ecology*, **62**: 881-913.
- KITCHING R. L, D. LI Y N. E. STORK. 2001. Assessing biodiversity 'sampling packages': how similar are arthropod assemblages in different tropical rainforests? *Biodiversity and Conservation*, **10**: 793-813.
- MEAVE, J., J. CARABIAS, V. ARRIAGA Y A. VALIENTE-BANU-ET. 1994. Observaciones fenológicas en el pedregal de San Ángel. Pp 91-105, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel: Ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- NOGUERA, F. A., S. ZARAGOZA-CABALLERO, J.A. CHEMSAK, A. RODRÍGUEZ-PALAFox, E. RAMÍREZ, E. GONZÁLEZ-SORIANO Y R. AYALA. 2002. Diversity of the family Cerambycidae (Coleoptera) of the tropical dry forest of Mexico. I. Sierra de Huautla, Morelos. *Annals of the Entomological Society of America*, **95**(5): 617-627.
- NOGUERA, M. F. A., A. F. NOGUERA, J. A. CHEMSAK, S. ZARAGOZA-CABALLERO, A. RODRÍGUEZ-PALAFox, E. RAMÍREZ-GARCÍA, E. GONZÁLEZ-SORIANO Y R. AYALA. 2008. A faunal study of Cerambycidae (Coleoptera) from one region with tropical dry forest in Mexico: San Buenaventura, Jalisco. *Pan Pacific Entomologist*, **83**(4): 296-314.
- RZEDOWSKI, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela de Ciencias Biológicas*, **8**: 59-129.
- SOBERÓN, J., M. C. ROSAS M. Y G. JIMÉNEZ C. 1991. Ecología hipotética de la reserva del Pedregal de San Ángel. *Ciencia y Desarrollo*, **99**: 25-38.
- STORK, N. E. Y M. J. D. BRENDELL. 1970. Species diversity and seasonal abundance in tropical Inchnomuniidae. *Oikos*, **21**: 142-144.
- STORK, N. E. Y M. J. D. BRENDELL. 1990. Variation in the insect fauna of Sulawesi trees with season, altitude and forest type. Pp. 173-190, en: Knight, W.J. y J.D. Holloway (eds.). *Insects and rainforests of South East Asia* (Wallace). Royal Entomological Society of London, Londres.
- ZARAGOZA C., S., F. NOGUERA, J.A. CHEMSAK, E. GONZÁLEZ-SORIANO, E. RAMÍREZ, R. AYALA Y A. RODRÍGUEZ-PALAFox. 2003. Diversity of Lycidae, Lampyridae, Phengodidae, Cantharidae (Coleoptera) in a tropical dry forest region in Mexico. *Pan Pacific Entomologist*, **79**(1): 23-37.
- ZARAGOZA C., S. 2004a. Cantharidae (Coleoptera). Pp. 117-127, en: García-Aldrete, A.N. y R. Ayala B. (eds.). *Artrópodos de Chamela*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ZARAGOZA C., S. 2004b. Lampyridae (Coleoptera). Pp. 129-140, en: García-Aldrete, A.N. y R. Ayala B. (eds.). *Artrópodos de Chamela*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ZARAGOZA C., S. 2004c. Lycidae (Coleoptera). Pp. 141-151, en: García-Aldrete, A.N. y R. Ayala B. (eds.). *Artrópodos de Chamela*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ZILONA, I. J. E. Y M. NUMMELIN. 2001. Coleopteran diversity and abundance in different habitats near Kihansi waterfall in the Udzungawa Mountains, Tanzania. *Biodiversity and Conservation*, **10**: 769-7

Fenología de la comunidad de mariposas diurnas y su relación con la fenología floral de las plantas y otros factores ambientales

Leticia Moyers-Arévalo y Zenón Cano-Santana

Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México
laettitia@gmail.com

*Vengo de Huexotzico, a la medianía del agua.
Voy en pos de ellos, voy a conocer a mis vecinos.
El ave preciosa de esmeralda, el azulejo,
la dorada mariposa, el ave de collar...
Canto de Xochiquetzal*

Introducción

La fenología es la distribución temporal de un fenómeno biológico (Wolda, 1987, 1988) y su estudio muestra la relación entre las condiciones meteorológicas y los cambios periódicos en dichos fenómenos (Scott y Epstein, 1987), lo cual genera un patrón de cambio estacional de la estructura y composición de las comunidades (Valverde *et al.*, 2005). El análisis de la fenología de las comunidades de insectos puede reflejar la solución que cada una de las poblaciones que las integran tiene ante las restricciones meteorológicas estacionales (Shapiro, 1975).

Como todos los insectos, las mariposas diurnas (Lepidoptera, Rhopalocera) son ectotermas, además son holometábolos, por lo que presentan un desarrollo indirecto con cuatro fases en su ciclo de vida: huevo, larva, pupa y adulto. Una de las fases del ciclo con mayor relevancia ecológica es la de larva, ya que sólo durante este periodo los individuos incrementan su tamaño corporal al máximo posible y acumulan las reservas necesarias para las siguientes fases del ciclo de vida (Singer, 1984). Por esta razón, las larvas (u orugas) de las mariposas representan uno de los defoliadores principales de las comunidades vegetales (Stehr, 2003). La culminación de la etapa larvaria está marcada por la construcción de un

capullo, en el que las pupas pasarán un periodo de tiempo en el que generalmente hay una baja disponibilidad de recursos y condiciones ambientales desfavorables (Shapiro, 1975; Powell, 2003). Posteriormente, se reanuda la actividad en la última etapa del ciclo de vida, cuando emerge del capullo una mariposa adulta, durante la cual su actividad principal es la búsqueda de pareja, el apareamiento y la oviposición (Chew y Robbins, 1984). Para cumplir con todas estas actividades, las mariposas adultas deben cubrir altos requerimientos energéticos, la inmensa mayoría de ellas alimentándose exclusivamente del néctar de las flores (Barth, 1991; Proctor *et al.*, 1996), cumpliendo al mismo tiempo otro rol ecológico relevante como polinizadores de las plantas (Gilbert y Singer, 1975).

La estructura de una comunidad de mariposas puede estar determinada por el tamaño y el tipo del hábitat (Shreeve y Mason, 1980), o bien puede estar relacionada con la riqueza vegetal del lugar, que guarda una relación positiva con la heterogeneidad ambiental (Gilbert y Smiley, 1978). Estas comunidades están afectadas profundamente por la variación estacional del ambiente, por lo que la presencia de cada población de las distintas especies de mariposas suele estar limitada a una temporada específica durante el año (Scott y Epstein, 1987). Muchas especies alcanzan su máxima abundancia de adultos durante la estación húmeda en regiones tropicales (Wolda, 1988, 1989) y durante la estación cálida en ecosistemas templados (Scott y Epstein, 1987), probablemente en respuesta a cambios en la fisiología y crecimiento de las plantas, particularmente por la abun-

dancia de follaje nuevo y nutritivo (Shapiro, 1975; Wolda, 1988, 1989; Dirham y Springate, 2003).

La comunidad de mariposas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (en lo sucesivo, REPSA, Reserva del Pedregal o Reserva) ha sido estudiada por Katthain-Ducheteau (1971), quien reporta 53 especies del suborden Rhopalocera y ofrece un listado detallado de algunas características taxonómicas por especie y los meses en que cada especie fue colectada. En el caso de algunas especies de las que se pudieron colectar huevos y pupas, reporta la fecha en que se encontraron los organismos en dichos estados de desarrollo.

En esta Reserva, los lepidópteros constituyen un grupo importante de polinizadores (Domínguez y Núñez-Farfán, 1994; Figueroa-Castro, 1997), siendo los principales insectos con dicha actividad durante la noche (Figueroa-Castro, 1997).

La comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal tiene un comportamiento marcadamente estacional, relacionado sobre todo con la estacionalidad en las lluvias, ya que registra un periodo lluvioso que va de junio a octubre y un periodo de sequía que va de noviembre a mayo (César-García, 2002). En general, el mayor número de especies en floración coincide con el incremento en temperatura y precipitación (entre agosto y octubre), ya que ésta está afectada principalmente por la precipitación y secundariamente por la temperatura (César-García, 2002).

A pesar de los estudios realizados en la REPSA, no es posible describir aún la fenología de las mariposas diurnas. Por otro lado, es deseable hacer un estudio que permita establecer la relación que guarda la fenología floral de las plantas y la fenología de vuelo de las mariposas diurnas en la Reserva del Pedregal.

Por lo anterior, en este trabajo se describe la fenología de las mariposas diurnas de la REPSA y su relación con la fenología floral de la comunidad de plantas con flores entomófilas, con la precipitación y con la temperatura.

Métodos

Fenología de mariposas

Se llevaron a cabo muestreos quincenales de mariposas con redes aéreas en dos zonas de la REPSA (la Zona Núcleo Oriente y la Zona Núcleo Poniente) de octubre de 2005 a septiembre de 2006. Los muestreos de mariposas se llevaron a cabo por tres personas de 10:00 a 16:00 h, ya que este intervalo había sido reportado por Figueroa-Castro (1997) como el de mayor actividad de este grupo de insectos en la Reserva del Pedregal. En total se acumuló un esfuerzo de colecta de 18 h colector por muestreo. El muestreo se hacía por vagabundeo, recorriendo los senderos y caminos abiertos de cada una de las zonas de estudio, abarcando una distancia aproximada de 5 km. Durante las caminatas se registraba el número de avistamientos de cada especie de mariposas, y en sólo en caso de tratarse de ejemplares de especies no reconocidas al vuelo o bien, no identificadas, éstas se colectaban para su identificación posterior.

Para la identificación de las especies de mariposas colectadas se visitó la Colección Nacional de Insectos del Instituto de Biología de la UNAM y se utilizaron claves y listas de Beutelspacher (1980), Llorente-Bousquets *et al.* (1997) y Luis-Martínez *et al.* (2003)

Fenología floral

Se registró la fenología floral de la comunidad vegetal tomando en cuenta las plantas en floración presentes en dos parcelas de 15 × 100 m (una localizada en la zona núcleo oriente y otra en la zona núcleo poniente), así como las encontradas en el recorrido por los senderos de estudio. En caso de que la planta no fuera identificada, ésta se herborizaba para su posterior identificación. Para este estudio de fenología floral se excluyeron de este estudio las plantas de la familia Poaceae y Cyperaceae por carecer de flores entomófilas. Las especies vegetales en floración, se identificaron con base en el trabajo de Castillo-Argüero *et al.* (2007).

Análisis de datos

Se obtuvieron los datos meteorológicos de temperatura, humedad relativa y precipitación de todo el periodo de estudio en la Estación Meteorológica de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM. Para estimar si existía un efecto del número de especies vegetales en floración, la temperatura media mensual, humedad relativa promedio mensual y la precipitación acumulada mensual sobre la riqueza y la abundancia de mariposas adultas, se realizaron dos análisis de regresión múltiple por el método hacia atrás, utilizando el programa Statistica 7.0. Según Zar (1999), este análisis es el más indicado para variables correlacionadas entre sí, que es el caso de las que aquí se manejan.

Resultados

Se registraron 40 especies de mariposas diurnas en un total de 2877 avistamientos. Los patrones temporales de cambio de riqueza específica y abundancia fueron muy similares (Figs. 1 y 2). Los valores máximos de riqueza y abundancia se registraron en noviembre y diciembre, descendieron entre enero y abril, y volvieron a incrementarse entre mayo y septiembre. Se registraron dos picos de riqueza y abundancia, mismos que corresponden con el momento del año en que se desarrollan algunas especies univoltinas muy abundantes, como *Dione moneta poeyii* Butler (Fig. 3) y *Agraulis vanillae incarnata* Riley (Nymphalidae). Durante la temporada seca se presentó un comportamiento más o menos estable en términos de riqueza y

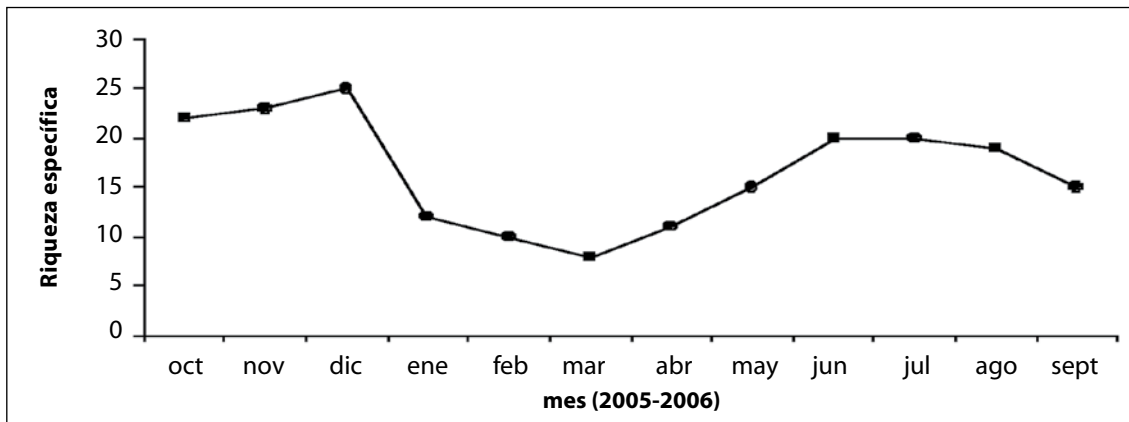


FIG. 1. Patrón anual de riqueza de la comunidad de mariposas diurnas en la Reserva del Pedregal.

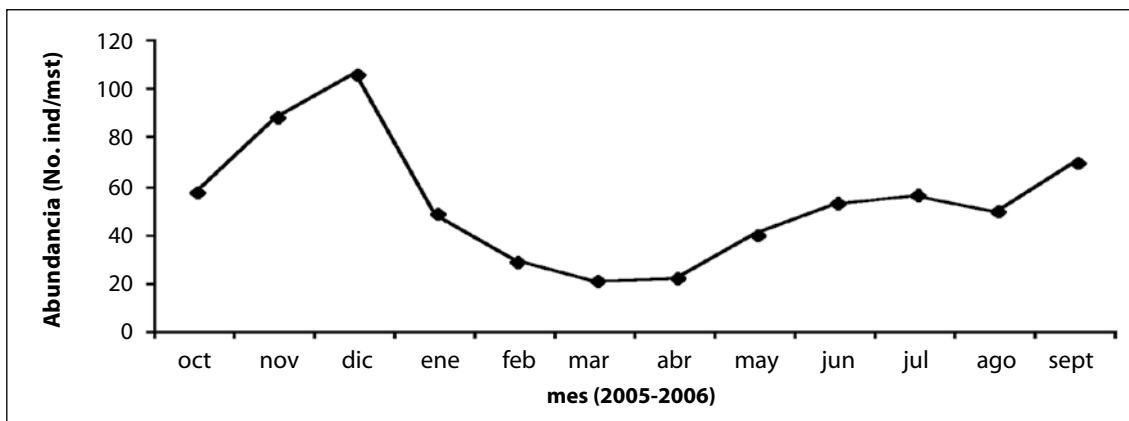


FIG 2. Patrón anual de abundancia de la comunidad de mariposas diurnas en la Reserva del Pedregal. N = 2877.



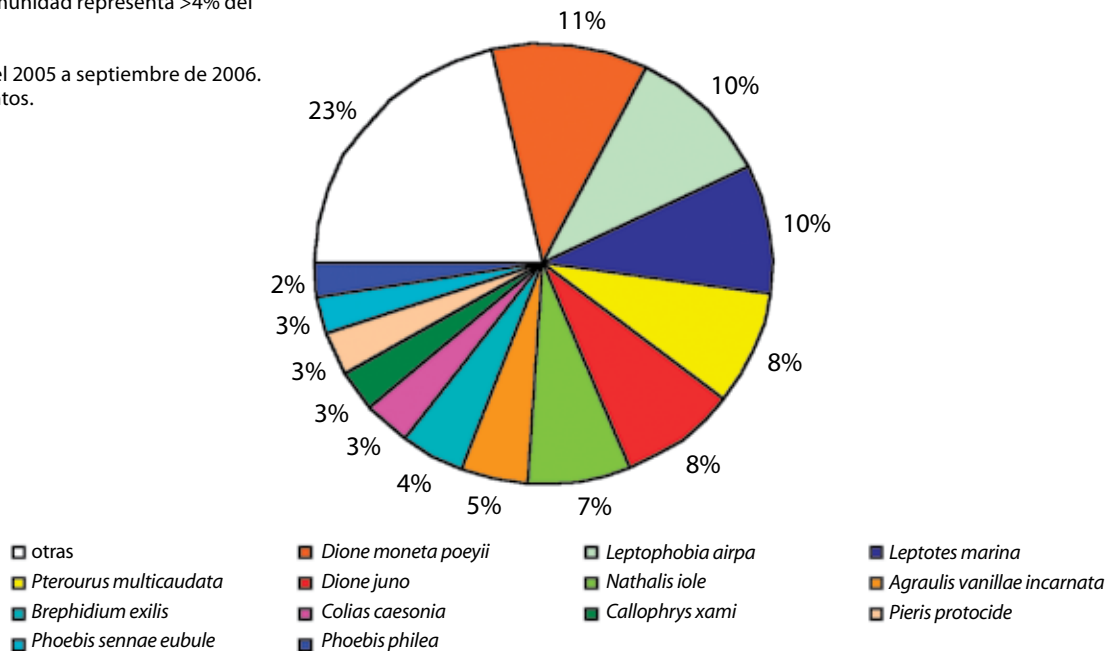
FIG 3. Aspecto de *Dione moneta poeyii* Butler (Nymphalidae).

abundancia debido a la presencia de especies que, aunque poco abundantes, son multivoltinas y se encuentran durante todo el año, como es el caso de *Pterourus multicaudata* Kirby (Papilionidae), *Nathalis iole* Boisduval (Pieridae) y *Leptotes marina* Reakirt (Lycaenidae), entre otras.

De todas las especies presentes en la comunidad, sólo ocho registran una abundancia relativa mayor al 4% (Fig. 4).

FIG 4. Porcentajes de abundancia de mariposas diurnas de la REPSA, con detalle en aquellas cuyo porcentaje en la comunidad representa >4% del total.

Datos de octubre del 2005 a septiembre de 2006. N = 2877 avistamientos.



La fenología floral del periodo de estudio indica que los meses en los que florece la mayoría de especies en la localidad son los que corresponden a la temporada lluviosa, es decir, de julio a octubre (Fig. 5).

La ecuación de regresión múltiple que mejor explica la riqueza específica mensual de mariposas en vuelo (S_m) es: $S_m = 1.750 (S_f) - 1.161 (PP)$ ($r^2=0.70$, $F_{2,8} = 10.76$, $P = 0.004$), donde: S_f es la riqueza mensual de especies vegetales en floración y PP es la precipitación acumulada mensual. En general, los meses en los que se registra mayor número de especies vegetales en floración son aquellos en los que la riqueza de mariposas adultas es alta (Fig. 6).

También se observa que en los meses de mayor precipitación (agosto y septiembre) el número de especies de mariposas en vuelo se reduce (Fig. 6).

La ecuación de regresión múltiple que mejor explica abundancia mensual de mariposas en vuelo (N_m) es: $N_m = 0.679 (HR) - 0.666 (T)$ ($r^2=0.659$, $F_{2,9} = 8.708$, $p = 0.008$), donde: HR es el porcentaje de humedad relativa promedio mensual y T es la temperatura promedio mensual. En general, los meses en los que se registran los niveles

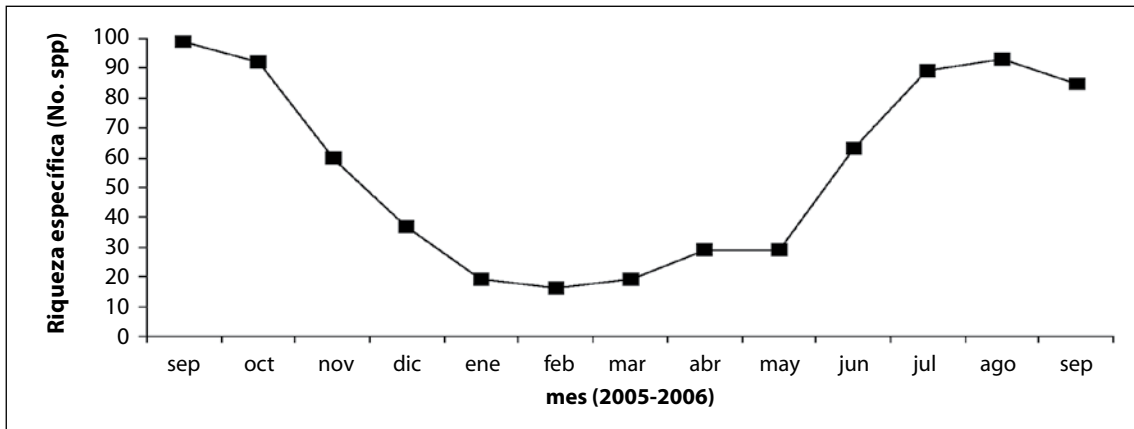


FIG 5. Patrón estacional de cambio en la riqueza de especies vegetales en floración de la Reserva del Pedregal.

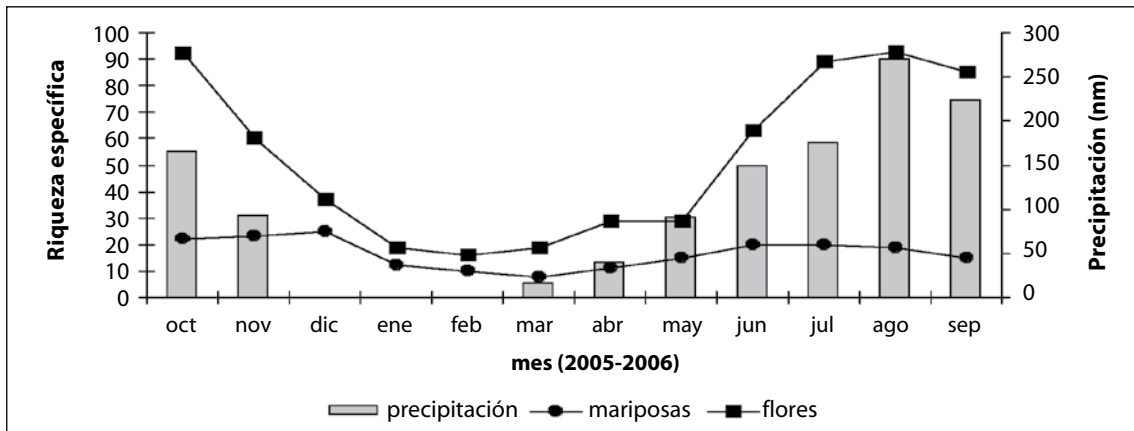


FIG 6. Patrón estacional de cambio en la riqueza de mariposas diurnas, la precipitación acumulada mensual (PP) de la Reserva del Pedregal y la riqueza mensual de especies vegetales en floración.

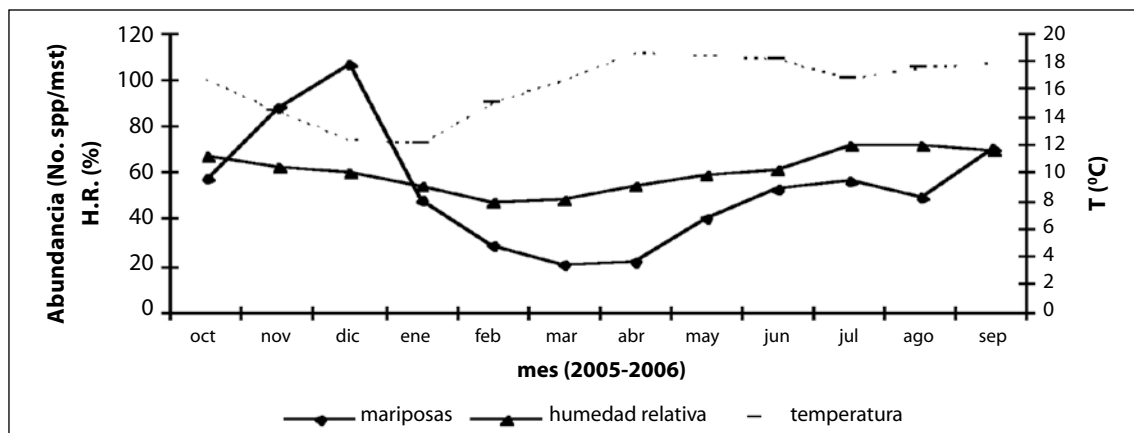


FIG 7. Patrón estacional de cambio en la abundancia de mariposas diurnas (número de individuos por muestreo), la humedad relativa promedio mensual (H.R.) y la temperatura promedio mensual (T) de la Reserva del Pedregal.

mayores de humedad relativa son en los que la abundancia de mariposas adultas es alta (Fig. 7). También se observa que en los meses en que se incrementa la temperatura (de febrero a julio) la abundancia de mariposas adultas se reduce.

Discusión

La riqueza de mariposas diurnas de la Reserva fue afectada positivamente por la riqueza de especies vegetales en floración. Hay una gran cantidad de estudios que documentan un efecto similar (Intachat *et al.*, 2001; Kitahara *et al.*, 2008), e incluso refieren que ésta puede ser un factor limitante para la densidad de poblaciones de mariposas (Clench, 1967; Ehrlich y Gilbert, 1973; Scott y Epstein, 1987). Al respecto, se sabe que la alimentación adecuada de los lepidópteros adultos es un factor que beneficia su fecundidad y su desempeño (Boggs y Ross, 1993; Fisher y Fielder, 2001).

Por otra parte, el número de especies de mariposas en esta comunidad fue afectado negativamente por la precipitación. Es posible que la lluvia sea un factor negativo asociado al peligro de daño o muerte que conlleva volar durante un evento de lluvias copiosas (Shapiro, 1975; Pollard, 1988), por otro lado, se ha reportado que cuando hay periodos intermitentes de nubosidad pueden ocasionar la disminución acelerada de la temperatura corporal y reducir su capacidad de vuelo (Kingsolver, 1983), ya que los insectos acumulan calor gracias a la exposición a la radiación solar, lo que les permite aumentar su temperatura corporal y llevar a cabo actividades como el vuelo (Heinrich, 1986).

A pesar de que varios trabajos reportan un efecto similar de la lluvia sobre las comunidades de mariposas y otros insectos (Boinski y Scott, 1988; Kato *et al.*, 1995), existen varios estudios a largo plazo donde han encontrado que durante los años en que se registran altos niveles de precipitación, la abundancia de mariposas disminuye, sin embargo, en el año subsiguiente a aquellos, se registran altos niveles de abundancia (Denlinger, 1980; Pollard, 1988; Roy *et al.*, 2001). De igual forma, algunos estudios realizados a escala regional muestran que las localidades con mayores niveles de precipitación poseen la mayor diversidad (Janzen y Schoener, 1968; Hawkins *et al.*, 2003). Por otro lado, Devoto *et al.* (2005) estudiaron los sistemas planta-polinizador, en un gradiente re-

gional de aridez-humedad en la región de la Patagonia, Argentina y encontraron que el nivel de precipitación fue el principal factor que explicó el funcionamiento de los sistemas de polinización. Los patrones observados a estas escalas podrían explicarse debido a que las regiones y los periodos en que se presentan altos niveles de precipitación favorecen la productividad primaria de los sistemas y esto proporciona un beneficio indirecto a las comunidades de insectos debido a la alta disponibilidad de recursos alimenticios y de sustratos para oviposición (Wolda, 1978; Pollard, 1988).

En la Reserva del Pedregal, la humedad relativa se relaciona de manera positiva con la abundancia de las mariposas. Existen pocos estudios sobre el efecto de la humedad sobre las comunidades y poblaciones de mariposas, y muestran resultados contrastantes. Kemp (2001) estudió las poblaciones de la mariposa *Hypolimnas bolina* del norte de Australia y encontró que hubo mayor abundancia y actividad de estos insectos a mayor humedad; sin embargo, Intachat *et al.* (2001) reportan, para una comunidad de palomillas de un bosque tropical de Malasia, que la abundancia de lepidópteros disminuye conforme los niveles de humedad son más altos, debido al incremento en la probabilidad de infestación por patógenos (hongos y bacterias). En la REPSA, es posible que cuando se registra una baja humedad relativa del aire, las mariposas pierdan agua y se deshidraten afectando sus actividades, tal como se ha reportado para otros artrópodos (ver, p. ej., Warburg, 1965; Loveridge, 1968). En necesario, sin embargo, hacer estudios sobre el desempeño de las mariposas a diferentes niveles de humedad relativa del aire.

En esta comunidad, la temperatura es un factor que afecta de manera negativa la abundancia de las mariposas en vuelo, a diferencia de la mayoría de las comunidades en que se ha estudiado el efecto de la temperatura sobre los atributos comunitarios de insectos. Hay una extensa lista de estudios que reportan que la temperatura es un factor positivo determinante en la fenología de insectos (Sparks y Yates, 1997; Roy *et al.*, 2001; Forister y Shapiro, 2003; Stefanescu *et al.*, 2003; Gordo y Sanz, 2006). Esta relación corresponde más bien a comunidades de zonas templadas, ya que en estas latitudes existen variaciones más extremas en la temperatura y durante la temporada fría suele haber escasez de recursos (Scott y Epstein, 1987). Es probable que el efecto de la temperatura presente en esta comunidad se deba a que cuando

hay altas temperaturas suele haber bajos niveles de humedad relativa en el aire (como en la temporada seca), limitando las actividades de las mariposas por el riesgo de deshidratación.

Se sugiere que las mariposas requieren de cuatro condiciones para llevar a cabo sus actividades de vuelo:

(1) bajos niveles de precipitación que reduzcan el riesgo de daño mecánico y aseguren ciertos niveles de radiación solar,

(2) altos niveles de humedad relativa,

(3) un ambiente templado, que reduzca el riesgo de deshidratación, y

(4) una alta variedad de plantas en floración (i.e. de recursos alimenticios) para que se exploten distintos nichos por las mariposas (ver Gilbert y Singer, 1975).

Agradecimientos

Agradecemos a Luisa Alejandra Domínguez Álvarez y a Rebeca Velázquez López por su apoyo para la realización de este trabajo. A la M. en C. Leticia Chávez por facilitar la información meteorológica utilizada en este estudio. Al Sr. Adolfo Ibarra le agradecemos su valiosa ayuda en el montaje e identificación de las mariposas. A Ernesto Navarrete Arauz por facilitar sus fotografías aquí utilizadas y a la Biól. Yuriana Martínez Orea por su ayuda en la identificación de las plantas. A Marco Romero Romero le agradecemos su apoyo técnico.

Literatura citada

- BARTH, F. 1991. Insects and flowers. The biology of a partnership. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- BEUTELSPACHER, C. R. 1980. Mariposas diurnas del Valle de México. Ediciones Científicas La Prensa Médica Mexicana, México.
- BOGGS, C. L. Y C. L. ROSS. 1993. The effect of adult food limitation on life history traits in *Speyeria mormonia* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Ecology*, **74**: 433-441.
- BOINSKY, S. Y P. E. SCOTT. 1988. Association of birds with monkeys in Costa Rica. *Biotropica*, **20**: 136-143.
- CASTILLO-ARGÜERO S., Y. MARTÍNEZ-OREA, M. A. ROMERO-ROMERO, P. GUADARRAMA-CHÁVEZ, O. NUÑEZ-CASTILLO, I. SÁNCHEZ-GALLÉN. Y J. A. MEAVE. 2007. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Aspectos florísticos y ecológicos. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CÉSAR-GARCÍA, F. 2002. Análisis de algunos factores que afectan la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CHEW, F. S. Y R. K. ROBINS. 1984. Egg-laying in butterflies. Pp. 65-80, en: van Wright, R.I. y P. R. Ackery (eds.). The biology of butterflies. Symposium of the Royal Entomological Society of London. Academic Press, Londres.
- CLENCH, H. K. 1967. Temporal dissociation and population regulation in certain hesperiine butterflies. *Ecology*, **48**: 1000-1006.
- DENLINGER, D. 1980. Seasonal and annual variation of insect abundance in Nairobi National Park, Kenya. *Biotropica*, **12**: 100-106.
- DEVOTO, M., D. MEDAN Y N. MALDONADO. 2005. Patterns of interaction between plants and pollinators in an environmental gradient. *Oikos*, **119**: 461-472.
- DIDHAM, R. K. Y N. D. SPRINGATE. 2003. Determinant of temporal variation in community structure. Pp. 28-39, en: Basset, Y., V. Novotny, S. E. Millar y R. L. Kithing (eds.). Arthropods of tropical forests. Spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy. Cambridge University Press, Cambridge.
- DOMÍNGUEZ, C. A. Y J. NÚÑEZ-FARFÁN. 1994. Las mariposas diurnas del Pedregal de San Ángel como vectores de polen. Pp. 313-322, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica El Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- EHRlich, P. R. Y L. E. GILBERT, 1973. Population structure and dynamics of the tropical butterfly *Heliconius ethilla*. *Biotropica*, **5**: 69-82.
- FIGUEROA-CASTRO, D. M. 1997. Análisis comparativo de la biología floral de cinco especies de compuestas

- del Pedregal de San Ángel, D. F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- FISHER, K. Y K. FIELDER, 2001. Effects of adult feeding and temperature regime on fecundity and longevity in the butterfly *Lycaena hippothoe* (Lycaenidae). *Journal of Lepidopterologist Society*, **54**: 91-95.
- FORISTER, M. L. Y A. M. SHAPIRO. 2003. Climatic trends and advancing spring flight of butterflies in lowland California. *Global Change Biology*, **9**: 1130-1135.
- GILBERT, L. E. Y M. C. SINGER. 1975. Butterfly ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **6**: 365-397.
- GILBERT, L. E. Y J. T. SMILEY. 1978. Determination of local diversity in phytophagous insects: host specialists in tropical environments. *Symposium of the Royal Entomological Society of London*, **9**: 89-104.
- GORDO, O. Y J. SANZ. 2006. Temporal trends in phenology of the honey bee *Apis mellifera* and the small white *Pieris rapae* in the Iberian Peninsula (1952-2004). *Ecological Entomology*, **31**: 261-168.
- HAWKINS, B. A., R. FIELD, H. V. CORNELL, D. J. CURRIE, J. F. GUÉGAN, D. M. KAUFMAN, J. T. KERR, G. G. MITTELBACH, T. OBERDOFF, E. M. O'BRIEN, E. P. PORTER Y J. R. G. TURNER. 2003. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology*, **84**: 3105-3117.
- HEINRICH, B. 1986. Thermoregulation and flight activity of a satyrine, *Coenonympha inornata* (Lepidoptera: Satyridae). *Ecology*, **67**: 593-597.
- INTACHAT, J., J. HOLLOWAY Y H. STAINES. 2001. Effects of weather and phenology on the abundance and diversity of geometroid moths in a natural Malaysian tropical rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, **17**: 411-429.
- JANZEN, D. Y T. SCHOENER. 1968. Differences in insect abundance and diversity between wetter and drier sites during a tropical dry season. *Ecology*, **49**: 96-110.
- KATO M., T. INOUE, A. A. HAMID, T. NAGAMITSU, M. B. MERDEK, A. R. NONA, T. ITINO, S. YAMANE Y T. YUMOTO. 1995. Seasonality and vertical structure of a light-attracted insect communities in a dipterocarp forest in Sarawak. *Research in Population Ecology*, **37**: 59-79.
- KATTHAIN-DUCHETEAU, K. 1971. Estudio taxonómico y datos ecológicos de especies del suborden Rhopalocera (Insecta, Lepidoptera) en un área del Pedregal de San Ángel, D. F. México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- KEMP, D. 2001. Reproductive seasonality in the tropical butterfly *Hypolimnas bolina* (Lepidoptera: Nymphalidae) in Northern Australia. *Journal of Tropical Ecology*, **17**: 483-494.
- KINGSOLVER, J. G. 1983. Thermoregulation and flight in *Colias* Butterflies: elevational patterns and mechanistic limitations. *Ecology*, **64**: 534-545.
- KITAHARA, M., M. YUMOTO Y T. KOBAYASHI. 2008. Relationships of butterfly diversity with nectar plant species richness in and around the Aokigahara primary woodland of Mount Fuji, central Japan. *Biodiversity and Conservation*, **17**: 2713-2734.
- LLORENTE-BOUSQUETS, J., L. OÑATE-OCAÑA, A. LUIS-MARTÍNEZ E I. VARGAS-FERNÁNDEZ. 1997. *Papilionidae y Pteridae* de México. Distribución geográfica e ilustraciones. CONABIO y Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- LOVERIDGE, J. P. 1968. The control of water loss in *Locusta migratoria migratorioides* R. + F. I. cuticular water loss. *Journal of Experimental Biology*, **49**: 1-13.
- LUIS-MARTÍNEZ, A., J. LLORENTE-BOUSQUETS E I. VARGAS-FERNÁNDEZ. 2003. *Nymphalidae* de México I (*Danainae, Apaturinae, Biblidinae y Neliconiinae*). Distribución geográfica e ilustraciones. CONABIO y Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- POLLARD, E. 1988. Temperature, rainfall and butterfly numbers. *The Journal of Applied Ecology*, **25**: 819-828.
- POWELL, J. 2003. Lepidoptera (moths, butterflies). Pp. 793-841, en: Resh, V. y R. Cardé (eds.). *Encyclopedia of insects*. Academic Press, San Diego.
- PROCTOR, M., P. YEO, Y A. LACK. 1996. The natural history of pollination. Timber Press, Portland.
- ROY, D. B., P. ROHTERY, D. MOSS, E. POLLARD Y J. A. THOMAS. 2001. Butterfly numbers and weather: predicting historical trends in abundance and the future effects of climate change. *Journal of Animal Ecology*, **70**: 201-217.
- SCOTT, J. A. Y M. E. EPSTEIN. 1987. Factors affecting phenology in a temperate insect community. *The American Midland Naturalist*, **117**: 103-118.
- SHAPIRO, A. 1975. The temporal component of butterfly species diversity. Pp. 181-195, en: Cody, M.L. y J.M. Diamond (eds.). *Ecology and evolution of communities*. Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- SHREEVE, T. G. Y C. F. MASON. 1980. The number of butterfly species in woodlands. *Oecologia*, **45**: 414-418.
- SINGER, M. C. 1984. Butterfly host-plant relationships: Host quality, adult choice and larval success. Pp. 81-88, en:

- Van-Wright, R.I. y P.R. Ackery (eds.). The biology of butterflies. Symposium of the Royal Entomological Society of London. Academic Press, Londres.
- SPARKS, T. H. Y T. J. YATES. 1997. The effects of spring temperature on the appearance dates of British butterflies 1883-1993. *Ecography*, **20**: 368-374.
- STEFANESCU, C., J. PEÑUELAS E I. FILELLA. 2003. Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the Northwest Mediterranean Basin. *Global Change Biology*, **9**: 1494-1506.
- STEHR, F. 2003. Caterpillars. Pp. 237-245, en: Resh, V. y R. Cardé (eds.). Encyclopedia of insects. Academic Press, San Diego.
- VALVERDE, T., Z. CANO-SANTANA, J. MEAVE Y J. CARABIAS. 2005. Ecología y Medio Ambiente. Pearson, México.
- WARBURG, M. R. 1965. Water relations and internal body temperature of isopods from mesic and mesic habitats. *Physiological Zoology*, **38**: 99-109.
- WOLDA, H. 1978. Seasonal fluctuation in rainfall, food and abundance of tropical insects. *The Journal of Animal Ecology*, **47**: 369-381.
- WOLDA, H. 1980. Seasonality of tropical insects. *The Journal of Animal Ecology*, **49**: 277-290.
- WOLDA, H. 1987. Seasonality and the community. Pp. 69-95, en: Gee, J.H.R. y P.S. Giller (eds.). Organization of communities, Past and present. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- WOLDA, H. 1988. Insect seasonality: Why? *Annual Review of Ecology and Systematics*, **19**: 1-18.
- WOLDA, H. 1989. Seasonal cues in tropical organisms. Rainfall? Not necessarily! *Oecologia*, **80**: 437-442.
- ZAR, J. H. 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.

Estructura y fenología de la comunidad de abejas nativas (Hymenoptera: Apoidea)

Alejandra Domínguez-Álvarez¹, Zenón Cano-Santana¹ y Ricardo Ayala-Barajas²

¹ Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias

² Estación de Biología Chamela, Instituto de Biología,
Universidad Nacional Autónoma de México
aledomingueza@yahoo.com.mx

Introducción

La relación entre las abejas y las flores constituye una de las interacciones mutualistas más estudiadas por los ecólogos y los naturalistas de todos los tiempos (Dirzo *et al.*, 2004). Los himenópteros polinizan una gran variedad de taxones de plantas (Heithaus, 1979; Schoonhoven *et al.*, 2005), y algunas de sus especies tienen una gran importancia económica (Buchmann y Nabhan, 1996; Proctor *et al.*, 1996; Inouye, 2007). Esta relación de las abejas con las flores es muy estrecha debido a que, a diferencia de otros insectos holometábolos, éstas requieren en todas las etapas de su ciclo de vida de polen y néctar para sobrevivir (Winston, 1987; Roubik, 1989; Proctor *et al.*, 1996). Estos productos florales les proveen de todos los elementos nutricionales y energéticos indispensables para su supervivencia: el néctar contiene carbohidratos, mientras que el polen les provee de proteínas, lípidos y vitaminas (Roubik, 1989; Roulston, 2000).

Los himenópteros polinizadores son constantes a una o pocas especies de plantas, lo cual minimiza los costos relacionados con el aprendizaje para manipular de forma adecuada las flores de cada especie vegetal de las cuales obtendrán alimento (Woodward y Alberti, 1992). Adicionalmente, los experimentos realizados por Wilson y Stine (1996) y por Gegear y Laverty (2001) con abejorros y abejas sugieren que esta constancia depende más del color que de la forma de las flores.

De acuerdo con lo anterior, se han publicado en numerosos artículos en los que se muestra la afinidad que las abejas presentan por las flores amarillas y violetas, que

son precisamente las que más reflejan los rayos UV (Faegri y van der Pijl, 1971; Silberglied, 1979; Bertin, 1989; Barth, 1991). Esta capacidad que tienen las abejas de reconocer los rasgos florales, como el color, el olor y la forma, les permite optimizar los periodos de forrajeo y conseguir de manera exitosa su alimento (Chittka *et al.*, 2004; Guiurfa y Lehrer, 2004).

Actualmente, se cuentan con pocos estudios de abejas nativas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (en lo sucesivo, REPSA o Reserva del Pedregal). Uno de ellos, el de Hinojosa-Díaz (1996) presenta un listado apifaunístico basado en la revisión de los ejemplares presentes en la colección de abejas del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera". En él se reportan 97 especies, y se aportan ciertos datos sobre la variación estacional de la actividad en la comunidad de abejas y su relación con el clima y la floración. César-García (2002) ha reportado la mayor parte de las especies de plantas (61.1%) florecen en septiembre en la REPSA, poco después del pico de mayor precipitación, así como que la temporada de sequía en este lugar se presenta de noviembre a mayo y la de lluvias de junio a octubre.

Este trabajo tiene como objetivos: (1) conocer la estructura de la comunidad y la fenología de las abejas de la Reserva del Pedregal, (2) conocer la fenología de las especies de abejas encontradas, (3) determinar el color de trampas jabonosas más eficientes para la captura del mayor número de especies y ejemplares de abejas, y (4) determinar la relación que tienen la fenología reproductiva de plantas y la variación anual de las condiciones ambientales con la fenología de abejas.

Métodos

Sitios de estudio y tipos de muestreo

Con el fin de registrar la estacionalidad de la actividad de las abejas se utilizaron dos métodos de muestreo: la red entomológica aérea capturando las abejas en las flores a lo largo de los senderos y sitios de estudio permanentes y el uso platos trampa de colores con agua jabonosa (TC).

Se seleccionaron las veredas o senderos en las Zonas Núcleo Poniente (en las inmediaciones del Jardín Botánico) y Oriente (en las inmediaciones del Espacio Escultórico) para llevar a cabo parte de la colecta con red entomológica aérea. Otra parte del estudio fue realizado en dos sitios de estudio permanente (SEP) de 120 × 15 m, el primero localizado en las inmediaciones del Jardín Botánico y el segundo en las inmediaciones del Espacio Escultórico. En estos SEP se muestreó con trampas jabonosas de colores, se obtuvieron los registros de fenología reproductiva de las plantas con flores entomófilas y se hizo el muestreo de abejas con redes aéreas.

Muestreo con redes

Se llevaron a cabo colectas quincenales de abejas en los senderos de ambas zonas y en los SEP. Se usó el método de intercepción de vuelo con las redes entomológicas aéreas muestreando de 09:00 a 17:00 h. Los ejemplares colectados fueron sacrificados en cámaras letales con acetato de etilo y colocados en bolsas de papel glassine, debidamente etiquetados.

Muestreo con trampas de colores con agua jabonosa

A lo largo de cada línea, en los SEP, se colocaron trampas jabonosas de cada uno de los siguientes colores: rojo, anaranjado, amarillo, y violeta, dispuestas en orden aleatorio y separadas 15 m entre sí con tres repeticiones por color, dando un total de 16 trampas. Las trampas se mantenían en el campo de 09:00 a 17:00 h. Estas trampas consisten en recipientes de plástico de 20 cm de diámetro y 7 cm de profundidad, en cuyo interior se coloca 125 ml de una solución al 5% de shampoo

de manzanilla y miel Mennen® en agua, la cual tiene la propiedad de romper la tensión superficial cuando los insectos entran en contacto con la solución jabonosa, muriendo por ahogamiento. Los organismos fueron extraídos de los recipientes y colocados en frascos de alcohol al 70%.

Para conocer si existe un efecto del color de las trampas y el mes de colecta sobre la atracción de las abejas, se realizó un análisis de varianza de dos vías, corrigiendo los datos como $\sqrt{(x+0.5)}$, por tratarse de valores discretos (Zar, 1999) utilizando el programa Statistica 7.0.

Con el fin de comparar la composición de especies colectadas con trampas de distinto color se calculó el índice de similitud de Sørensen (Southwood, 1978).

Fenología floral

En ambos SEP se registró la fenología de la floración de las plantas con flores entomófilas, por lo que se excluyeron a las especies de las familias Poaceae y Cyperaceae. La fenología floral se registró de septiembre de 2005 a agosto de 2006, llevando a cabo visitas quincenales. Las especies no identificadas fueron herborizadas para su posterior identificación. La determinación de las especies vegetales en floración se hizo usando como base en el trabajo de Castillo-Argüero *et al.* (2007).

Fenología de las abejas y su relación con variables ambientales

Se registraron los datos meteorológicos temperatura, humedad relativa y precipitación del periodo de estudio, en la Estación Meteorológica de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM. Para estimar si existía un efecto del número de especies vegetales en floración, la temperatura media mensual, humedad relativa promedio mensual y la precipitación acumulada mensual sobre la riqueza de abejas, se realizó un análisis de regresión múltiple por el método hacia atrás, utilizando el programa Statistica 7.0 que, de acuerdo con Zar (1999), es el análisis más indicado para variables correlacionadas entre sí, como es el caso que aquí se maneja.

Resultados

Composición de la comunidad de abejas

Utilizando ambos métodos de muestreo se colectaron 374 ejemplares de abejas pertenecientes a cinco familias, 19 géneros y 29 especies (Tabla 1). Por el número de especies la familia mejor representada es Apidae con 13 especies (45%), seguida de Halictidae con nueve (32%) (Tabla 1). Las especies que registraron mayor abundancia relativa fueron: *Apis mellifera* (33.2%), *Ceratina mexicana* (20.6%), *Lasioglossum (Dialictus) sp.1* (10.2%), *Lasioglossum (Dialictus) sp. 2* (5.6%) y *Anthidium maculosum* (4.5%) (Tabla 2). Dieciocho especies están representadas por menos de cinco individuos y siete de ellas por un solo ejemplar. La mayor parte de los ejemplares (197) fueron colectados utilizando trampas jabonosas de colores, y el resto (175) con redes entomológicas.

El mayor número de especies (25) fue colectado por el método de intercepción de vuelo y 11 especies exclusivamente con este método; sólo cuatro de las 29 especies fueron colectadas exclusivamente mediante el uso de trampas: *Hyaleus sp.1*, *Andrena sp. 2*, *Lasioglossum (Dialictus) sp. 3*. y *Ceratina capitosa* (Tabla 2). Catorce especies pudieron ser colectadas con ambos métodos.

Plantas en floración

En ambas zonas de la REPSA, se registró un total de 151 especies de plantas en floración pertenecientes a 46 familias. Algunas especies muestran una marcada estacionalidad, ya que 89 de ellas presentan flores durante la época de lluvias y sólo 11 son exclusivas de la época seca. En el caso de las especies que presentan flores en ambas épocas del año se registran dos patrones de actividad, 37 especies tienen floración que inicia en la época de lluvia, y que se extiende hasta el inicio de la época seca. (noviembre y diciembre) y nueve especies que florecen en la última etapa de la época seca (marzo y abril) y continúan su floración en el primer mes lluvioso (junio). Por último identificamos el patrón de especies que florecen a lo largo de todo el año representado por sólo cinco especies.

Fenología de las abejas y su relación con otros factores ambientales

El número de especies de abejas activas varía a lo largo del año. Se registra un mayor número de especies en la temporada lluviosa (de junio a octubre) y el menor número durante la sequía (de noviembre a mayo) (Fig. 1). El mes en el que se registra la menor riqueza específica es diciembre (con cinco especies); mientras que se presentaron dos picos de actividad, uno en julio (con 15 especies) y otro en octubre (con 13) (Fig. 1).

Tabla 1. Abundancia y número de géneros y especies de las abejas colectadas en la Reserva del Pedregal separadas por familia. Se presentan los datos agrupados de las abejas colectadas con redes aéreas y trampas jabonosas de colores entre septiembre de 2005 y agosto de 2006.

Familia	Abundancia	%	Géneros	%	Especies	%
Colletidae	1	0,2	1	5	1	3
Andrenidae	3	0,8	1	5	3	10
Halictidae	80	21	4	21	9	32
Megachilidae	30	8	3	16	3	10
Apidae	260	70	10	53	13	45
Total	374	100	19	100	29	100

Tabla 2. Especies de abejas y número de individuos, colectados en la Reserva del Pedregal, separadas por familia. Se presenta también la información del método por el que fueron colectadas.

Familia	Genero	Especie	Red	Tjc	Total
Colletidae	<i>Hylaeus</i>	sp. 1	0	1	1
Andrenidae	<i>Andrena</i>	sp. 1	0	1	1
	<i>Andrena</i>	sp. 2	1	0	1
	<i>Andrena</i>	sp. 3	1	0	1
Halictidae	<i>Augochlora</i>	<i>smaragdina</i> (Friese)	1	1	2
	<i>Augochlorella</i>	<i>pomonoella</i> (Cokerel)	1	1	2
	<i>Lasioglossum (Dialictus)</i>	sp. 1	8	30	38
	<i>Lasioglossum (Dialictus)</i>	sp. 2	5	16	21
	<i>Lasioglossum (Dialictus)</i>	sp. 3	0	1	1
	<i>Lasioglossum (Dialictus)</i>	sp. 4	2	1	3
	<i>Lasioglossum (Dialictus)</i>	sp. nov. 1	4	0	4
	<i>Lasioglossum (Dialictus)</i>	sp. nov. 2	1	3	4
	<i>Lasioglossum (Lasioglossum)</i>	sp. 1	4	1	5
Megachilidae	<i>Anthidium</i>	<i>maculosum</i> (Cresson)	17	0	17
	<i>Megachile</i>	sp. 1	4	1	5
	<i>Osmia</i>	<i>azteca</i> (Cresson)	5	0	5
Apidae	<i>Apis</i>	<i>mellifera</i> (Linneo)	54	68	54
	<i>Bombus</i>	<i>ephippiatus</i> (Say)	1	0	1
	<i>Bombus</i>	<i>pennsylvanicus sonorus</i> (Say)	16	0	16
	<i>Centris</i>	<i>mexicana</i> (Smith)	3	0	3
	<i>Ceratina</i>	<i>capitosa</i> (Smith)	15	62	77
	<i>Ceratina</i>	<i>mexicana</i> (Cresson)	1	1	2
	<i>Deltoptila</i>	<i>elephas</i> (Friese)	1	0	1
	<i>Diadasia</i>	<i>olivacea</i> (Cresson)	10	0	10
	<i>Diadasia</i>	<i>rinconis</i> (Cockerell)	1	1	2
	<i>Exomalopsis</i>	<i>mellipes</i> (Cresson)	1	1	2
	<i>Melissodes</i>	<i>tepaneca</i> (Cresson)	1	1	2
	<i>Thygater</i>	<i>analís</i> (Lepelletier)	10	0	10
	<i>Xylocopa</i>	<i>tabaniformis azteca</i> (Cresson)	13	4	17

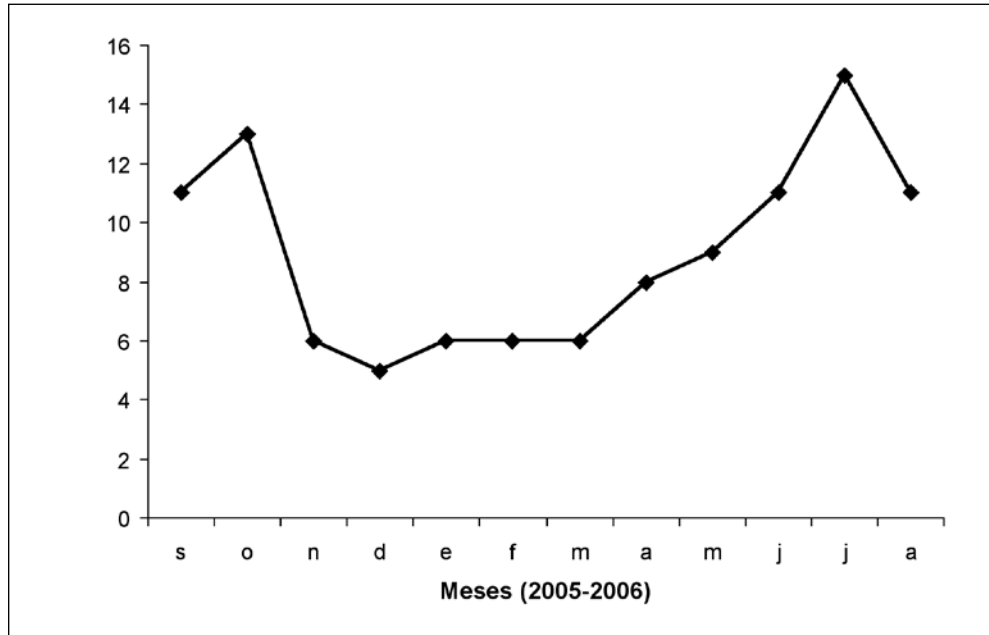


FIG 1. Variación mensual del número de especies de abejas registrado en la REPSA. Datos de septiembre de 2005 a agosto de 2006.

Se registraron cuatro patrones fenológicos en las especies de abejas en la REPSA (Tabla 3). Uno de ellos, el más frecuente, es el de actividad restringida a la temporada de lluvias, con 15 especies, entre las que destacan por su abundancia: *Tygater analis* y *Diadasia olivacea*. Otro patrón, es el de actividad intermedia, en el cual las abejas registran actividad tanto en meses de lluvias como en los de secas, en el que se registran siete especies, por ejemplo, *Anthidium maculosum*, *Ceratina capitosa*, *Exomalopsis mellipes* y *Lasioglossum (Dialictus) sp. 2*. Otro más es el de abejas que presentan actividad durante todo el año, en el cual se registran seis especies, entre ellas: *Apis mellifera*, *Lasioglossum (Dialictus) sp. 1* y *Bombus pennsylvanicus*. Por último, se registró una sola especie de abejas, *Lasioglossum (Dialictus) sp. 4*, que tiene actividad exclusiva durante los meses secos.

Los factores que afectaron significativamente la riqueza mensual de abejas (S_a) son la temperatura y la humedad relativa: $S_a = 0.475 T + 0.643 HR$ ($r^2 = 0.788$, $F_{2,9} = 16.753$, $P = 0.0009$), donde T es la temperatura promedio mensual y HR la humedad relativa promedio mensual.

Efecto del color de las trampas

La cantidad de abejas colectadas en las trampas de colores, fue afectada significativamente por el color ($F_{3,60} = 106.6$, $P < 0.0001$), el mes de colecta ($F_{3,60} = 5.175$, $P < 0.0001$) y la interacción mes \times fecha ($F_{3,60} = 1.840$, $P < 0.0001$). Las trampas de color violeta y amarillo registraron significativamente mayor cantidad de abejas que las de color anaranjado y rojo ($F_{3,44} = 53.479$, $P < 0.0001$; Fig. 3). Los meses en los que se colectó el mayor número de abejas fueron noviembre, abril y febrero, con 33, 28 y 18 abejas, respectivamente; mientras que los que en los que se colectaron muy pocos individuos fueron: septiembre y agosto con once individuos, enero con nueve y diciembre con ocho. El color violeta atrajo más abejas en noviembre, abril y febrero, mientras que el amarillo lo hizo en noviembre, abril y junio (Fig. 4). Las trampas de color violeta, amarillo y anaranjado registraron siete, tres y dos especies exclusivas, respectivamente (Tabla 4).

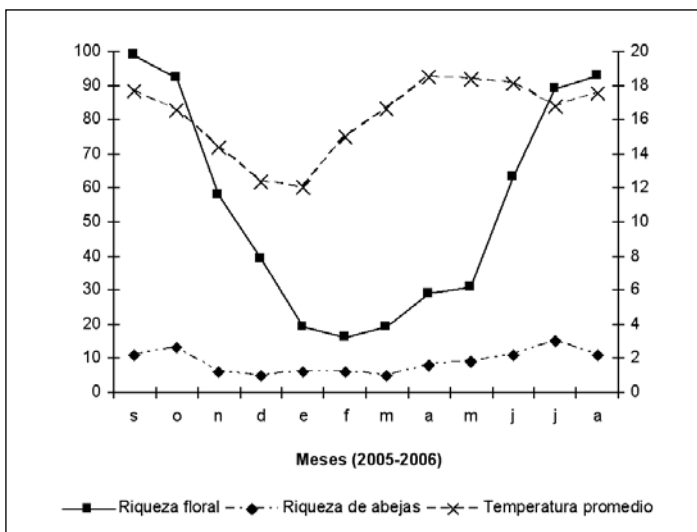
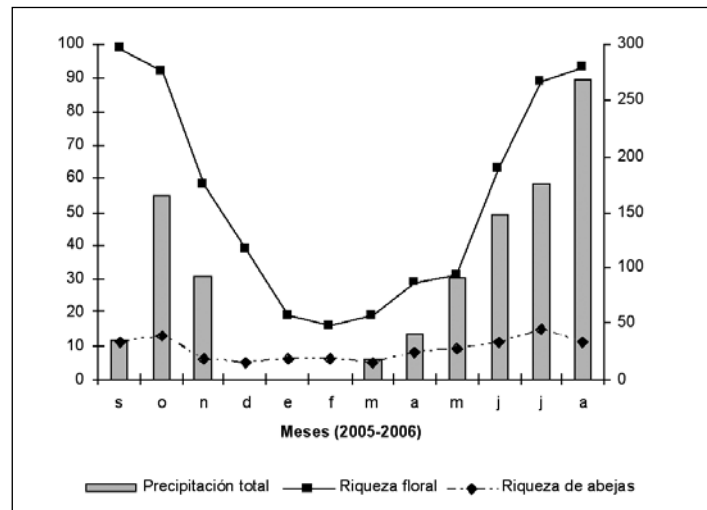
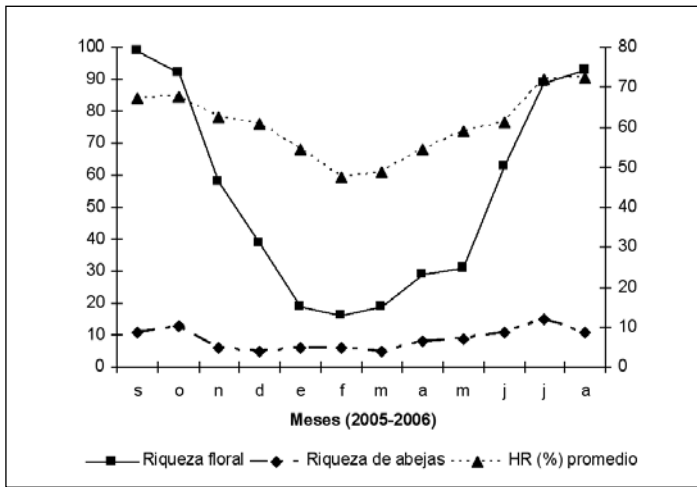


FIG. 2. Variación mensual del número de especies de abejas y su relación con el número de especies vegetales en floración, y la precipitación acumulada mensual (A), la humedad relativa (B) y la temperatura media mensual (C), en la Reserva del Pedregal. Datos de septiembre de 2005 a agosto de 2006.

Tabla 3. Variación mensual de actividad de las especies de abejas en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. "X" denota presencia de la especie señalada.

Especies	Meses (2005-2006)											
	s	o	n	d	e	f	m	a	m	j	j	a
<i>Hylaeus</i> sp.1											x	
<i>Andrena</i> sp.1										x		
<i>Andrena</i> sp.2										x		
<i>Andrena</i> sp.3	x											
<i>Augochlora smaragdina</i>											x	x
<i>Augochlorella pomoniella</i>											x	x
<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp.1	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp.2	x	x						x	x	x	x	x
<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp.3		x										
<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp.4								x	x			
<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp. nov. 1	x						x				x	
<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp. nov. 2		x			x	x						
<i>Lasioglossum (Lasioglossum)</i> sp.1											x	
<i>Antidium maculosum</i>	x	x	x									x
<i>Megachile</i> sp.1								x	x	x	x	
<i>Osmia azteca</i>		x										
<i>Apis mellifera</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Bombus ephippiatus</i>		x										
<i>Bombus pensylvanicus sonorus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Centris mexicana</i>		x										
<i>Ceratina capitosa</i>									x	x		
<i>Ceratina mexicana</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Deltoptila elefas</i>	x	x										
<i>Diadasea olivacea</i>											x	
<i>Diadasea rinconis</i>											x	x
<i>Exomalopsis mellipes</i>	x		x									
<i>Melissodes tepaneca</i>									x	x		
<i>Thygater analis</i>											x	x
<i>Xilocopa tabaniformis azteca</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Total de especies	11	13	6	5	6	6	6	8	9	11	15	11

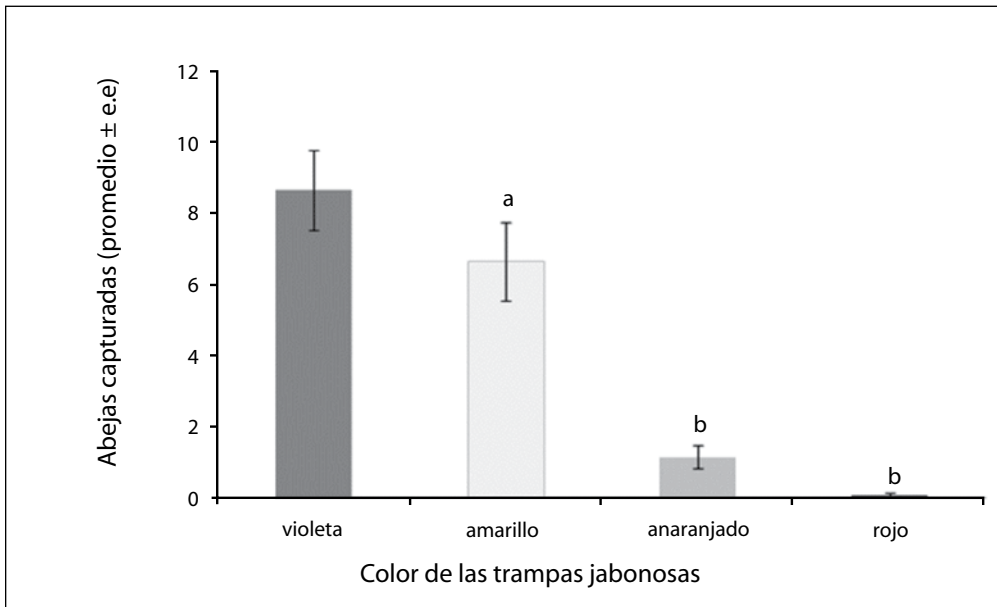


FIG. 3. Promedio de las abejas capturadas en cada mes con trampas TC. Las letras distintas representan diferencias significativas.

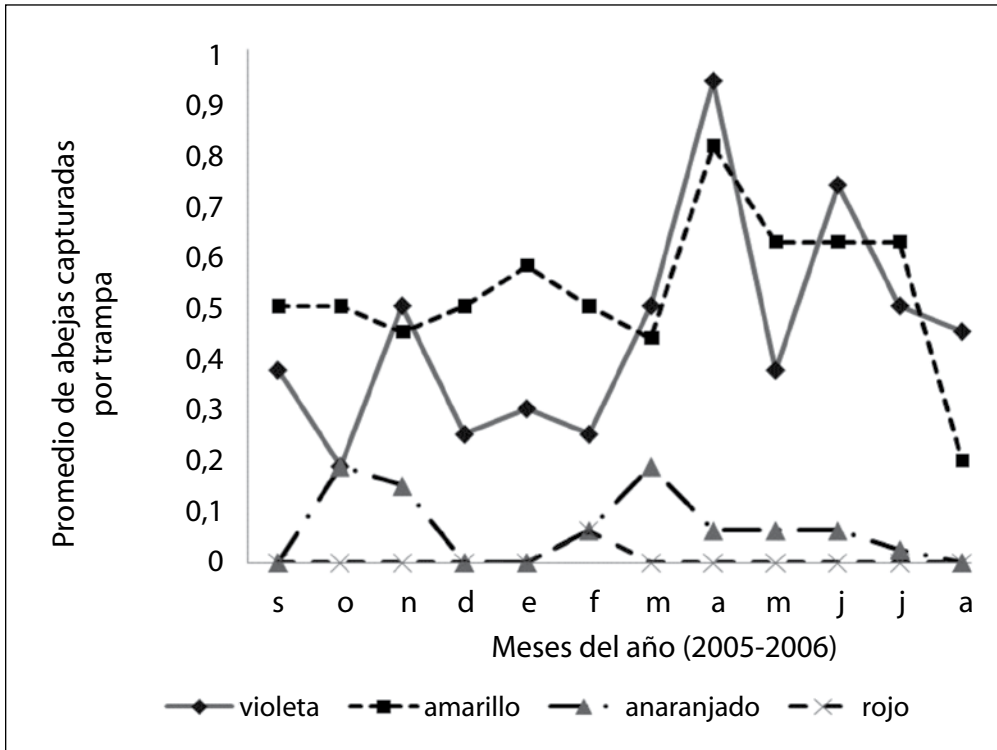


FIG. 4. Variación mensual en el número de abejas capturadas por medio de trampas jabonosas de distinto color entre septiembre de 2005 y agosto de 2006 en la Reserva del Pedregal.

Las comunidades de abejas colectadas con trampas de color violeta, anaranjado y amarillo registraron altos índices de similitud entre ellas (42.1 a 54.5%), mientras que las colectadas con trampas de color rojo registraron los índices de similitud más bajos con el resto (14.3 a 28.6%) (Tabla 4).

Con las trampas jabonosas se colectaron también ejemplares de insectos de los órdenes Collembola, Hemiptera, Homoptera, Tysanoptera, Diptera, Coleoptera, Hymenoptera y Lepidoptera. El color violeta atrajo gran cantidad de coleópteros y dípteros sobre todo de la familia Syrphidae, mientras que el color anaranjado atrajo a un gran número de áfidos, seguido por el rojo, en este último también se registraron mariposas.

Discusión

Composición

En su trabajo Hinojosa-Díaz (1996) reporta 97 especies, 34 géneros y cinco familias de abejas para la Reserva del Pedregal. Al realizar una comparación con nuestros datos, se observa que solamente se comparten con seguridad once especies. Dos de las registradas en el presente estudio son especies nuevas aún no descritas, ambas del género *Lasioglossum* (*Dialictus*), y seis más son nuevos registros para la REPSA: *Augochlora smaragdina* (Friese), *Augochorella pomoniella* (Cockerell), *Centris mexicana* (Smith), *Ceratina mexicana* (Cresson), *Diadasia olivacea* (Cresson) y *Melissodes tepaneca* (Cresson). Al igual que en el trabajo realizado por Hinojosa-Díaz (1996), un tercio de las especies colectadas no pudo ser determinado a nivel de especie, por lo que probablemente, al realizarse las revisiones taxonómicas de los géneros *Colletes*, *Hyleus*, *Andrena*, *Lasioglossum* (*Dialictus*), *Lasioglossum* (*Lasioglossum*) y *Ceratina* se reduzca el número de especies registradas. Es posible que la riqueza de especies registrada por Hinojosa-Díaz (1996) esté sobrestimada, ya que este dato correspondería a sitios de bosque de pino o bosques templados del centro de México. Esto es particularmente cierto para las especies de los géneros *Ceratina* y *Lasioglossum* (*Dialictus*). Por ejemplo, se pudo detectar que *Ceratina mexicana* es una especie con una alta variación de tamaño y coloración en el tegumento, lo que podría prestarse a mucha confusión y a una sobrestimación del número de especies en la Reserva del Pedregal.

Tabla 4. Número de ejemplares (*N*), especies (*S*) y especies exclusivas capturados con trampas jabonosas de colores en la Reserva del Pedregal. Datos acumulados de 12 meses.

Color de trampa	<i>N</i>	<i>S</i>	No. especies exclusivas
Violeta	103	13	7
Amarilla	79	9	3
Anaranjada	14	6	2
Roja	1	1	0

Tabla 5. Valores del índice de similitud (%) de Sørensen entre comunidades de abejas colectadas con trampas TC en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

	Amarilla	Anaranjada	Roja
Violeta	54.5	42.1	14.3
Amarilla		53.3	20.0
Anaranjada			28.6

Fenología de las abejas de la REPSA

Se encontró que las especies que están activas todo el año son precisamente aquellas que tienen una conducta social o ciclos de vida multivoltinos, tal como es el caso de *Apis mellifera*, *Xilocopa tabaniformis azteca*, *Bombus pennsylvanicus sonorus*, *Ceratina mexicana* y *Lasioglossum* (*Dialictus*) sp. 1. La mayoría de las especies (15) se presentan durante la época de lluvias, que es también cuando ocurre el pico de floración en las plantas con flores entomófilas. Nuestros datos sugieren que el principal factor que puede determinar la riqueza de especies de abejas activas a lo largo del año es, en primer lugar, la temperatura y en segundo, la humedad relativa. Para un gran número de insectos la temperatura es el factor ambiental utilizado para la inducción de la diapausa, este fenómeno es de gran importancia para algunas especies que necesitan

recurrir en algunas fenofases o etapas de su ciclo de vida a periodos en los cuales el crecimiento, el desarrollo o la reproducción son suprimidos con la finalidad de conservarse hasta el próximo periodo que presente los recursos óptimos (Tauber y Tauber, 1981). Las abejas son organismos exotérmicos que presentan mayor actividad a mayores temperaturas, para estos organismos forrajear en temperaturas bajas les requiere un mayor gasto energético. Por otro lado, se ha reportado que la nubosidad puede ocasionar la disminución de la temperatura corporal de los insectos que reduce su capacidad de vuelo (Kingsolver, 1983), pues éstos acumulan calor gracias a la exposición a la radiación solar, lo que les permite llevar a cabo actividades como el vuelo (Heinrich, 1986).

Por otro lado, la diversidad de abejas puede ser favorecida por la humedad relativa, ya que reduce el rigor ambiental al impedir que los organismos se deshidraten (Warburg, 1965; Loveridge, 1968); asimismo en la literatura se han visto ejemplos de cómo el rigor ambiental reduce la diversidad de organismos (Townsend *et al.*, 1983; Gough *et al.*, 2000).

Por otro lado, se sugiere vigilar la presencia de *Apis mellifera* en el Pedregal de San Ángel ya que las colonias ferales y controladas de esta especie pueden extraer grandes cantidades de polen y néctar de cualquier hábitat en donde pueda vivir y puede competir por los limitados recursos florales con otras especies nativas de insectos polinizadores (Paini, 2004). Durante el periodo de este estudio se pudo observar la presencia constante

de *A. mellifera* a lo largo del día y a lo largo del año y presente en un gran cantidad de especies florales, incluso se le observó robando néctar haciendo orificios a los tépalos de la orquídea *Spirantes llaveana*.

Efecto del color de las trampas

Las trampas no habían sido utilizadas anteriormente en la Reserva del Pedregal. Este método resultó ser un método eficaz, ya que cuatro especies fueron colectadas exclusivamente mediante este sistema.

Por otro lado, los colores que resultaron ser los más atractivos para las abejas son el violeta y el amarillo, en tanto que el anaranjado y el rojo resultaron ser poco atractivos. Sin embargo, se registró que el uso de distintos colores complementa el poder atractivo de las trampas, ya que ciertas especies de abejas son atraídas por un color particular (Tabla 2). Por lo anterior, para llevar a cabo un programa de monitoreo estacional de abejas se recomienda hacer colectas con redes y trampas de los colores violeta, amarillo y anaranjado. Se registró que el rojo fue evitado sistemáticamente por las abejas, ya que en las trampas de este color fue capturado un solo ejemplar; sin embargo fue un color atractivo para otro grupo de insectos como los áfidos y las mariposas. Las trampas violeta, por su parte, también atrajeron a insectos de los órdenes Diptera (sobre todo de la familia Syrphidae) y Coleoptera. Lo anterior sugiere que las trampas jabonosas de colores podrían ser utilizadas para monitorear otros grupos de insectos.

Agradecimientos

Agradecemos a Leticia Moyers y Rebeca Velázquez su ayuda en el trabajo de campo. A la Biól. Yuriana Martínez la identificación del material botánico y a la M. en C. Leticia Chávez por facilitar la información meteorológica utilizada en este estudio. A Marco Romero Romero le agradecemos su asistencia técnica en el manejo del equipo de cómputo.

Literatura citada

- BARTH, F. G. 1991. *Insects and flowers. The biology of the partnership*. Princeton University Press, Nueva York.
- BERTIN, R. I. 1989. Pollination Biology. Pp. 23-83, en Abrahamson, W.G. (ed.). *Plant-animal interactions*. McGraw Hill, Nueva York.
- BUCHMANN, S. L. Y G. P. NABHAN. 1996. *The forgotten pollinators*. Island Press, Washington, D.C.
- CASTILLO-ARGÜERO S., G. M. CARTAS, M. A. ROMERO, Y. MARTÍNEZ, P. GUADARRAMA, I. SÁNCHEZ Y O. NÚÑEZ. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México) *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **74**: 51-75.
- CÉSAR-GARCÍA, S. F. 2002. Análisis de algunos factores que afectan la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel, D. F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- DIRZO, R., L. ZENTENO Y R. I. MARTÍNEZ. 2004. Estudios de interacciones artrópodo planta en México. Pp. 189-202, en: Llorente, J., J. J. Morrone, O. Yañez e I. Vargas (eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. IV. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- FAEGRI, K. Y L. VAN DER PIJL. 1979. *The principles of pollination ecology*. 3a. ed. Pergamon Press, Oxford.
- GEGEAR, R. J. Y T. M. LAVERTY. 2001. The effect of variation among floral traits on the flower constancy of pollinators. Pp. 1-20, en: Chittka L. y J. D. Thomson (eds.). *Cognitive ecology of pollination animal behavior and floral evolution*. Cambridge University Press, Cambridge.
- GOUGH, L., G. R. SHAVER, J. CARROLL, D. L. ROYER Y J. A. LAUNDRE. 2000. Vascular plant species richness in Alaskan arctic tundra: *The importance of soil pH*. *Journal of Ecology*, **88**: 54-66.
- HEINRICH, B. 1986. Thermoregulation and flight activity of a satyrine, *Coenonympha inornata* (Lepidoptera: Satyridae). *Ecology*, **67**: 593-597.
- HEITHAUS, E. R. 1979. Community structure of Neotropical flower visiting bees and wasps: diversity and phenology. *Ecology*, **60**: 190-202.
- HINOJOSA-DÍAZ, I. A. 1996. Estudio faunístico de las abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) del Pedregal de San Ángel, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- INOUYE, D. W. 2007. The value of bees (Carta al editor). *Biological Conservation*, **140**: 198-99.
- KINGSOLVER, J. G. 1983. Thermoregulation and flight in *Colias* butterflies: Elevational patterns and mechanistic limitations. *Ecology*, **64**: 534-545.
- LOVERIDGE, J. P. 1968. The control of water loss in *Locusta migratoria migratorioides* R. + F. I. cuticular water loss. *Journal of Experimental Biology*, **49**: 1-13.
- PAINI, D. R. 2004. Impact of the introduced honey bee: A review. *Austral Ecology*, **29**: 399-407.
- PROCTOR, M., P. YEO Y A. LACK. 1996. *The natural history of pollination*. Harper Collins, Londres.
- RICHARDS, A. J. 1986. *Plant breeding system*. Allen and Unwin, Londres.
- ROUBIK, D. W. 1989. *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge University Press, Cambridge.
- ROULSTON, T. A., J. H. CANE, Y S. L. BUCHMANN. 2000. What governs protein content pollen; pollinator preferences, pollen-pistil interactions, or phylogeny? *Ecological Monographs*, **70**: 617-43.
- SILBERGLIED, R. 1979. Communication in the ultraviolet. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **10**: 373-398.
- SCHOONHOVEN, L. M., J. J. A. VAN LOON Y M. DIKE. 2005. *Insects plant biology*. Oxford University Press, Nueva York.
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1978. *Ecological methods*. Chapman & Hall. Londres.
- TAUBER, C. A. Y M. J. TAUBER. 1981. Insect cycles: Genetics and evolution. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **12**: 281-303.
- TOWNSWEND, C. R., A. G. HILDREW Y J. E. FRANCIS. 1983. Community structure in some Southern English streams: The influence of physiochemical factors. *Freshwater Biology*, **13**: 521-544.
- WARBURG, M. R. 1965. Water relations and internal body temperature of isopods from mesic and mesic habitats. *Physiological Zoology*, **38**: 99-109.
- WILSON, P. Y M. STINE. 1996. Floral constancy in bumble bees: handling efficiency or perceptual conditioning? *Oecologia*, **106**: 493-499.

- WINSTON, M. L. 1987. The biology of the honey bee. Harvard University Press, Londres.
- WOODWARD, G. L. Y T. M. LAVERTY. 1992. Recall of flower handling skills by bumble bees: a test of Darwin's interface hypothesis. *Animal Behavior*, **44**: 1045-1051.
- ZAR, J. H. 1999. Biostatistical analysis. 4a. ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, N. J.

Estructura de la comunidad de invertebrados epífitos asociados a *Verbesina virgata* (Asteraceae)

Liliana Isabel Ruvalcaba-Sánchez¹, Zenón Cano-Santana¹, Irene Sánchez-Gallén¹, Efraín Tovar-Sánchez^{1,2}, Carlos Anaya-Merchant¹ y Dulce M. Figueroa-Castro¹

¹ Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México

² CEAMISH, Universidad Autónoma del Estado de Morelos

ruvy_en_xxi@yahoo.com

Introducción

Hay varias razones del por qué la interacción planta-invertebrado está recibiendo creciente atención de los biólogos y agrónomos. La vida animal no puede existir sin la presencia de las plantas, las cuales sirven como la fuente primaria de energía para los organismos heterótrofos. Asimismo, la larga historia de interacción continua con los animales ha promovido la gran diversidad de plantas que se observa en la biosfera. Se reconoce que para entender el funcionamiento de los ecosistemas terrestres es fundamental el conocimiento de las relaciones que se establecen entre los animales y las plantas, sobre todo la que se establece con los artrópodos. El reino de las plantas y el Phylum Arthropoda representan los dos taxa más importantes, tanto en aporte de biomasa como en número de especies (Schoonhoven *et al.*, 2005).

Las relaciones planta-invertebrado pueden ser básicamente de alimentación, refugio y transporte. De estos tres tipos, lo más frecuente es que la planta provea de comida y refugio a los invertebrados, mientras que los invertebrados se alimenten de ella y transporten su polen; las relaciones menos comunes son los invertebrados transportando propágulos (como el caso de algunas hormigas) o las plantas alimentándose de los invertebrados (Southwood, 1973).

Los insectos, los invertebrados más abundantes del planeta, y algunos macroinvertebrados (especialmente arañas y caracoles) pueden ser divididos, de acuerdo a su forma de vida, en siete gremios (Strong *et al.*, 1984):

(1) fitófagos (masticadores y chupadores), (2) habitantes de plantas epífitas, (3) saprófagos, (4) depredadores, (5) parasitoides, (6) turistas (animales no depredadores que usan a las plantas como refugio, despliegue sexual o sitio de descanso), y (7) hormigas, las cuales tienen un rol muy variado y particular.

Algunas estimaciones sugieren que los insectos fitófagos comprenden aproximadamente 25% de todas las especies vivientes y sus hospederos otro 25%, y que por cada especie de fitófago también hay un artrópodo depredador, parásito o saprófago (Price, 1977; Southwood, 1978). El hábito fitófago sólo se registra en nueve de los aproximadamente 30 órdenes de insectos [Coleoptera, Collembolla, Diptera, Hemiptera (incluye Homoptera), Hymenoptera, Lepidoptera, Orthoptera, Phasmida y Thysanoptera] (Southwood, 1973).

En México, son pocos los estudios que se han hecho sobre la comunidad de invertebrados asociados a una especie de planta y, de éstos, la mayoría se ha enfocado a estudiar algún gremio en particular (Aguirre *et al.*, 1986; Gómez *et al.*, 1986; Cano-Santana y Oyama, 1994). Sin embargo, el conocimiento del conjunto de invertebrados que coinciden en el uso de una sola especie vegetal con importancia ecológica alta, ya sea como recurso o hábitat, es muy importante debido a sus repercusiones en la riqueza y diversidad de un ecosistema.

Verbesina virgata Cav (Asteraceae) es una especie muy importante como alimento para los insectos folívoros, nectarívoros y polinívoros y, además, es la planta que

contribuye más a la productividad primaria neta aérea (PPNA) del ecosistema de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, D.F. (México) (en lo sucesivo REPSA o Reserva del Pedregal) (Cano-Santana, 1994a, 1994b). A pesar de esto, no se habían hecho estudios acerca de los animales que la usan como alimento, hábitat o refugio.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue conocer la variación estacional (entre mayo de 1995 y mayo de 1996) de la comunidad de invertebrados asociados a *Verbesina virgata* Cav (Asteraceae) en la Reserva del Pedregal.

Materiales y métodos

Sistema de estudio

Verbesina virgata es un arbusto perenne de 1 a 2.5 m de alto, erecto, más o menos resinoso, con tallos alargados y angostos que tiene hojas alternas de forma lanceolada de 4 a 20 cm de largo y 0.5 a 4.5 cm de ancho, con ápice en ángulo agudo y margen aserrado cubierto por tricomas rectos; sus cabezuelas florales están agrupadas en conjuntos coribiformes terminales densos, sobre pedúnculos de hasta 5 cm de largo; sus flores liguladas son fértiles y de color amarillo, en tanto que las flores del disco tienen corolas amarillas de 3 a 4 mm de largo y son pubescentes; su fruto es seco, simple, indehiscente, con la única semilla unida a la pared del fruto, de 3 a 4 mm de largo (Rzedowski y Rzedowski, 2001). Es conocida comúnmente como teclacote, lengua de vaca, romerillo o gordolobo de monte. Se distribuye en matorrales, pastizales y claros en medio de bosques, siempre en condiciones de fuerte disturbio desde Zacatecas a Oaxaca, y es abundante entre los 2250 y 3000 m s.n.m en el Valle de México (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Muestreo

Se seleccionaron y marcaron 180 plantas de *V. virgata* en la Reserva del Pedregal distribuidas en seis sitios de ca. 50 × 50 m (30 plantas por sitio). Cuando las plantas murieron, éstas eran sustituidas por otras, tratando de mantener la muestra de 180. Cada mes, de mayo de 1995 a mayo de 1996, se revisaron directamente las plantas y se registraba la presencia de las morfoespecies de invertebrados asentadas en sus partes aéreas.

Análisis de datos

Se aplicó un análisis de varianza de una vía para determinar el efecto del mes de muestreo sobre el número de especies por planta, utilizando la transformación $\sqrt{x + 0.5}$ por tratarse de datos discretos (Zar, 1999). Posteriormente, se aplicaron pruebas de Tukey para verificar las diferencias entre meses. Estas pruebas estadísticas se aplicaron utilizando el programa Statistica versión 6.0 (Statsoft, 1995).

Se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener utilizando logaritmo decimal (Krebs, 1989).

Resultados

Se encontraron 235 morfoespecies de invertebrados asociados a *V. virgata* a lo largo del año de estudio. Algunas de ellas fueron el chapulín *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae), las orugas de *Apate-lodes amaryllis* (Lepidoptera: Bombycidae), el escarabajo *Nodonota curtula* (Chrysomelidae) y la araña lince verde *Peucetia viridans* (Oxyopidae). En ese año de estudio una especie dominante fueron las orugas de *Hypocrisias lisoma* (Lepidoptera: Arctiidae), las cuales atacan a las plantas de manera gregaria, acumulándose en las plantas en grupos de decenas a cerca de 150 individuos. Esta especie experimentó un brote explosivo poblacional, por lo que ese año, junto con *S. purpurascens* fueron los herbívoros masticadores más importantes de *V. virgata*. Desde la temporada de lluvias de 1995 no se ha vuelto a registrar dicho brote, incluso, los desde 1999 ha sido difícil encontrar estas orugas sobre *V. virgata*. La mayoría de las morfoespecies registradas siguen sin identificarse. Los grupos dominantes por su frecuencia en las plantas fueron los homópteros (21%), seguidos por los coleópteros (17%), los lepidópteros (15%) y los arácnidos (14%); otros grupos registrados fueron: dípteros, himenópteros, hemípteros, ortópteros, moluscos, diplópodos, odonatos, neurópteros y psocópteros, dando un total de 13 grupos (Fig. 1).

Los valores máximos de riqueza de especies se presentaron en julio y agosto con 107 y 90 especies, respectivamente; en tanto que los valores mínimos se registraron en enero y febrero, con 13 y 16 especies, respectivamente.

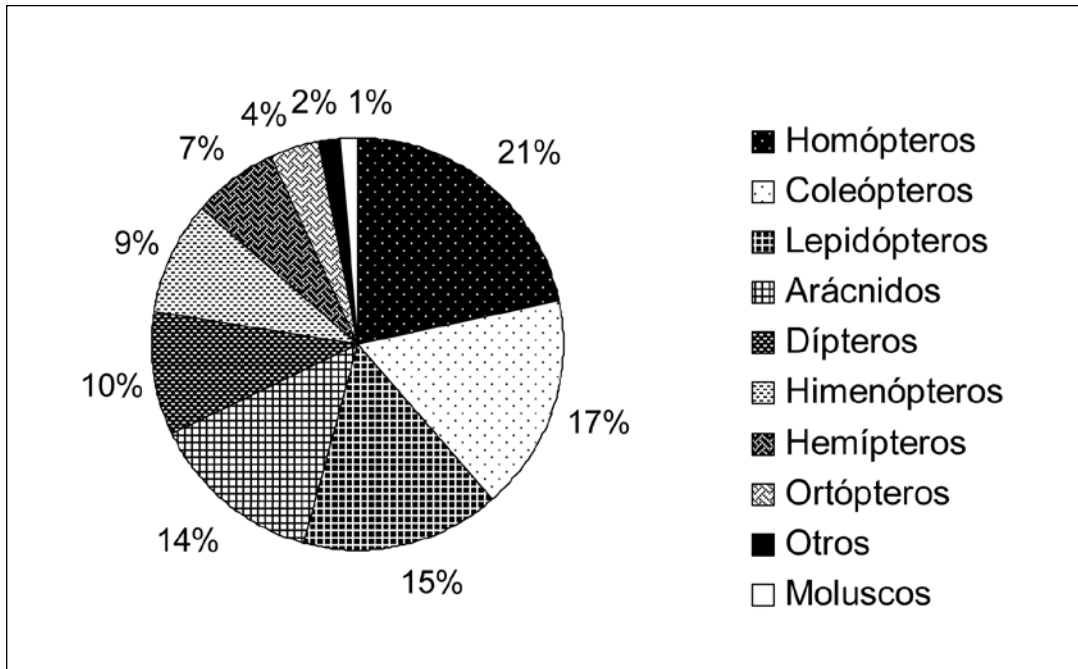


FIG. 1. Porcentaje de morfoespecies que aporta cada grupo de invertebrados observados sobre *Verbesina virgata* entre mayo de 1995 y mayo de 1996 en la Reserva del Pedregal. La categoría "Otros" incluye un odonato, un neuróptero, un diplópodo y un psicóptero. $S = 235$.

Por grupo, los homópteros se encontraron en más del 50% de las observaciones en abril y mayo de 1996 y representaron el grupo más común a lo largo del periodo de estudio, excepto entre octubre de 1995 y enero de 1996 (Fig. 2). Los coleópteros se observaron con mayor frecuencia entre mayo y septiembre de 1995, alcanzando su máximo valor de frecuencia relativa en junio. Los lepidópteros, en cambio, fueron el grupo más común en octubre, los dípteros en noviembre y los himenópteros en enero. Los ortópteros fueron más frecuentemente observados en el periodo de octubre a diciembre, que es cuando domina *Sphenarium purpurascens*. Esta última especie fue la tercera especie más frecuente en nuestras observaciones, la primera fue un homóptero y la segunda un himenóptero, ambas no identificadas.

Cada grupo infestó a las plantas con frecuencias diferentes a lo largo del año (Fig. 3). Se encontró a los homópteros durante todo el periodo de estudio, pero infestaron más plantas entre los meses de mayo a septiembre de 1995 y de abril a mayo de 1996, siendo el mes de agosto en el que se encontraron con mayor frecuencia sobre las plantas de *V. virgata*. Los coleópteros fueron observados en mayor número de plantas entre

junio y septiembre, alcanzando su máximo en agosto y siendo escasas las plantas infestadas entre enero y abril. Los lepidópteros se encontraron con mayor frecuencia entre julio y diciembre, registrándose en un mayor número de plantas en octubre y en un número menor en mayo de 1995. Los arácnidos fueron poco frecuentes todo el año, su máximo valor de infestación de plantas fue en agosto, seguido de julio y septiembre. Los dípteros se encontraron en un mayor número de plantas en junio y noviembre, entre estos meses se ve una disminución en la fracción de plantas infestadas y, además, alcanzaron su mínima infestación en febrero. Los himenópteros se encontraron con mayor frecuencia entre junio y noviembre, con mayores valores de infestación en julio y con el mínimo valor en abril. Los hemípteros también fueron poco frecuentes a lo largo del año, alcanzaron su máxima infestación en junio y no se les encontró en enero y febrero. Los ortópteros, por su parte, registraron sus mayores valores de infestación a plantas entre julio y diciembre, y no se registraron entre febrero y mayo de 1996.

Se encontró un efecto significativo del mes ($F_{12,2330} = 145.33$, $P < 0.001$) sobre la densidad de especies por planta. Agosto fue el mes con mayor número de especies por

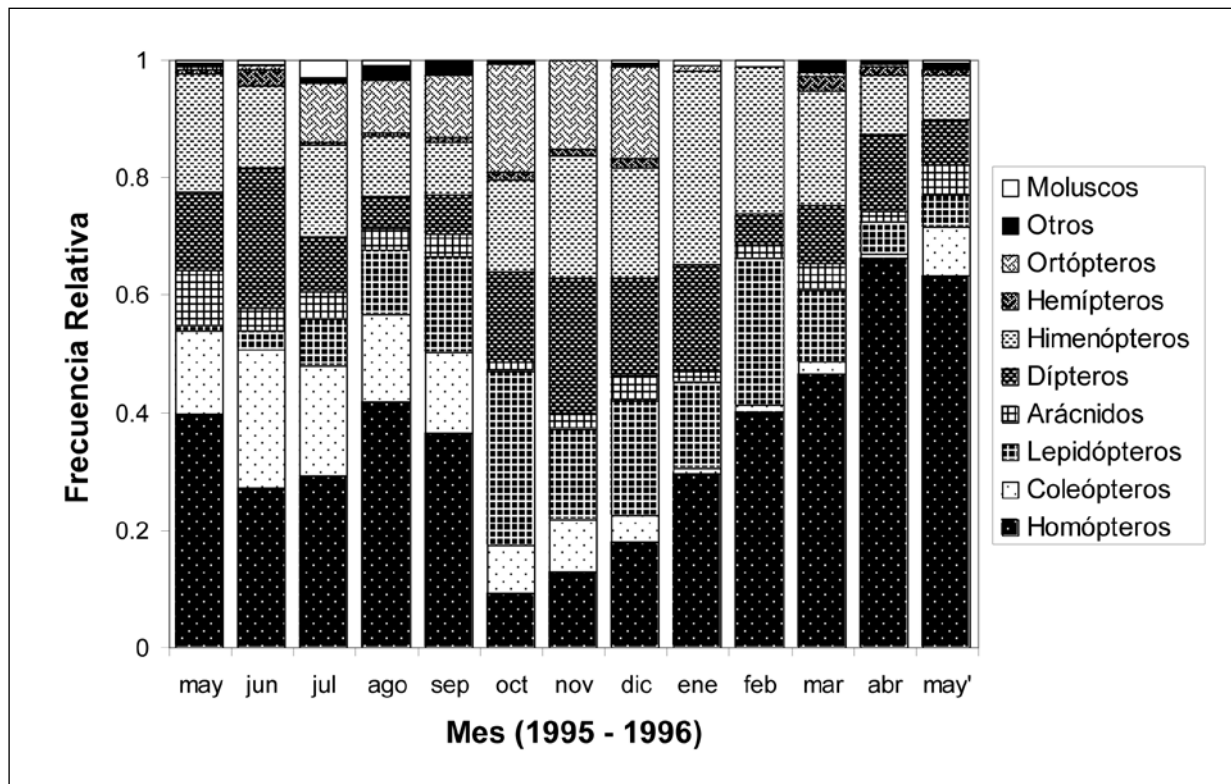


FIG. 2. Variación mensual de la frecuencia relativa de distintos grupos de invertebrados asociados a *Verbesina virgata* en la Reserva del Pedregal.

planta, seguido de julio y septiembre, y después de junio y octubre (Fig. 4). En contraste, se encontró menor número de especies por planta entre enero y abril. El índice de Shannon-Wiener fue más alto entre junio y septiembre, alcanzando su máximo en julio, en tanto que el valor mínimo se registró en febrero (Fig. 5).

Discusión

Entre las 235 morfoespecies observadas sobre *V. virgata*, al menos la mitad pertenecen al gremio de los fitófagos, pues se alimentan de alguna parte de ella, al menos, en alguna etapa de su vida. Esto sugiere que esta planta es un recurso alimenticio muy importante para un gran número de especies de invertebrados en la REPSA.

Suponiendo que no haya registros nuevos de artrópodos sobre esta planta en la Reserva del Pedregal (lo cual es improbable), sobre *V. virgata* se encontraron 34 de 47 especies de arañas reportadas (Ibarra, 1979); 27 de 32 especies de dípteros (Butze y Sanpedro, 1979); 16 de 23

especies de hemípteros (Flores, 1974) y 9 de 26 especies de ortópteros (Márquez-Mayaudón, 1968). Esto significa que esta planta alberga a muchos componentes de la fauna de invertebrados de la REPSA.

Esta planta registra una mayor riqueza de especies que otras analizadas en la REPSA. *Muhlenbergia robusta* Hitchc. (Poaceae) alberga 158 morfoespecies de animales (López-Gómez *et al.*, en este volumen) y en otras especies se han reportado todavía menos, aunque con un esfuerzo de muestreo menor y enfocados a un gremio. Por ejemplo, *Dahlia coccinea* registra 25 especies de visitantes florales, *Wigandia urens* y *Senecio praecox* registran 14 y 11 especies de herbívoros, respectivamente (Cano-Santana, 1994b). Esto implica que, de las especies vegetales que se han estudiado hasta el momento, *V. virgata* es la planta más utilizada como alimento, refugio o sitio de caza por los invertebrados de la Reserva del Pedregal, lo que está acorde con su permanencia a lo largo del año, abundancia y aporte de PPNA al ecosistema (Cano-Santana, 1994a; Connor y McCoy, 1979; Lomolino, 2000; Schoener, 1976; Williamson *et al.*, 2001).

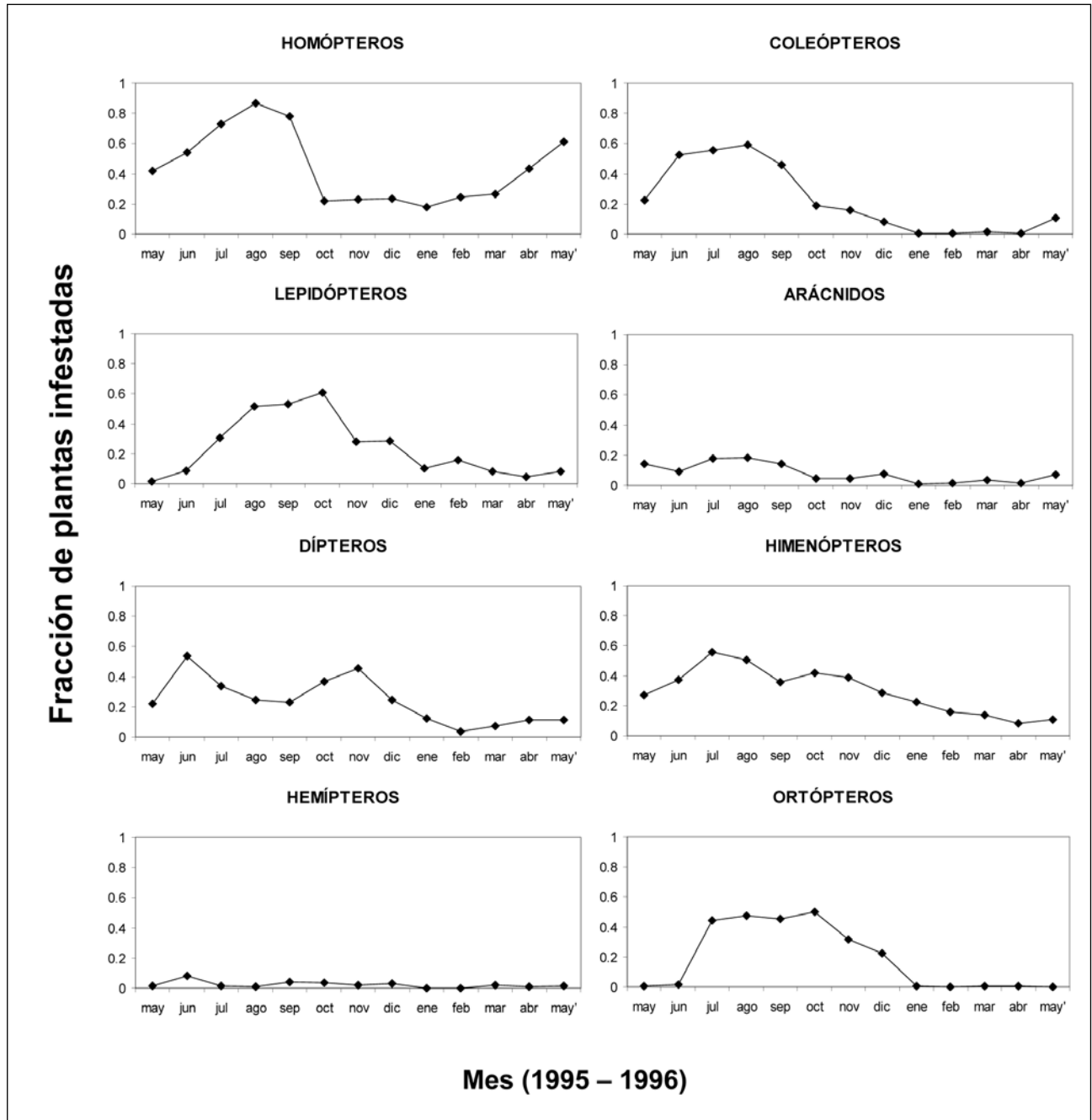


Fig. 3. Fracción de plantas de *Verbesina virgata* infestadas por cada uno de los ocho grupos de invertebrados más importantes en términos de su riqueza de morfoespecies.

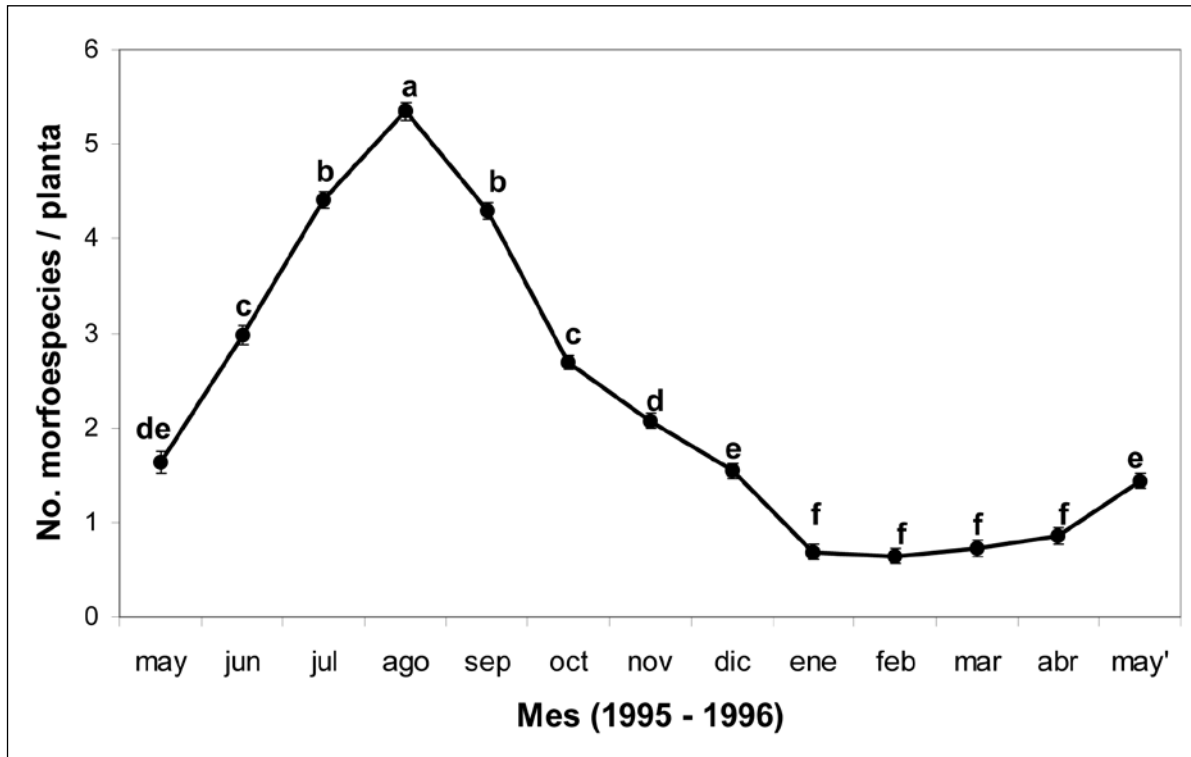


FIG. 4. Variación mensual de la densidad de morfoespecies de invertebrados por planta observados sobre *Verbesina virgata* en la Reserva del Pedregal a lo largo del periodo de estudio.

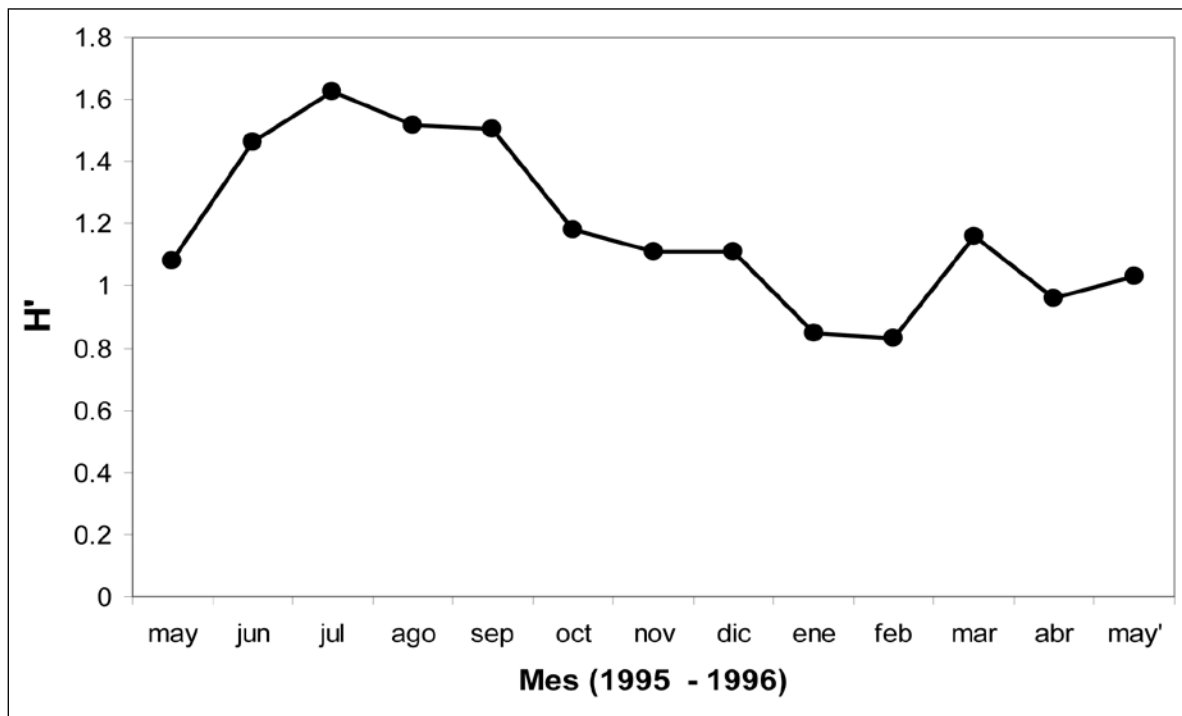


FIG. 5. Variación mensual del índice de diversidad de invertebrados asociados a *Verbesina virgata* a lo largo del periodo de estudio.

Los valores máximos de infestación y de densidad de especies coincidieron con la época de lluvias (de junio a octubre; Camacho-Salazar *et al.*, 1993), haciendo evidente que hay una marcada estacionalidad en la actividad de los invertebrados asociados a esta planta. Este patrón de estacionalidad es consistente con los resultados obtenidos en otros estudios en la misma Reserva (Cano-Santana, 1987; López-Gómez *et al.*, en este volumen; Márquez-Mayaudón, 1968; Rios-Casanova, 1993; Rios-Casanova y Cano-Santana, 1994) y se explica básicamente porque el ciclo de vida de los invertebrados está acoplado a la estacionalidad de las lluvias, tal como

es el caso de *S. purpurascens*, cuyas ninfas emergen a principios de junio y alcanzan su último estadio entre septiembre y octubre (Serrano-Limón y Ramos-Elorduy, 1989). Dada la naturaleza estacional de este sitio, el aumento en la precipitación activa muchas de las funciones de los organismos siendo éste el momento en que abundan los recursos vegetales y con ello las poblaciones animales. Asimismo, es importante notar que los picos de abundancia de cada grupo se desfasan a lo largo de ese periodo de uso, lo cual es un indicador de la distribución que hacen del recurso en el tiempo, disminuyendo con esto la competencia.

Agradecimientos

Queremos agradecer a Edgar Camacho, Oswaldo Núñez y Ricardo León por su apoyo en el trabajo de campo. El Dr. Alfonso Ibarra Vázquez identificó a *A. amaryllis* y *H. lisoma*.

Literatura citada

- AGUIRRE, L. A., J. CORRALES, E. GUERRERO Y A. LOZOYA. 1986. Insectos entomófagos asociados a la planta del "guayule" *Parthenium argentatum* (Gray) *Folia Entomológica Mexicana*, **70**: 87-97.
- BUTZE, J. R. Y G. R. SANPEDRO. 1979. Sírfidos del Pedregal de San Ángel, México, D.F. (Diptera: Sylphidae). *Anales del Instituto de Biología, UNAM. Serie Zoología*, **50**: 537-552.
- CAMACHO-SALAZAR, J. G.; F. HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ Y S. F. PACHECO-CHÁVEZ. 1993. Precipitación pluvial 1963-1992. Boletín meteorológico, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z. 1987. Ecología de la relación entre *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae) y sus herbívoros en el Pedregal de San Ángel, D.F. (México) Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z. 1994a. Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófita. Tesis doctoral. Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z. 1994b. La Reserva del Pedregal como ecosistema: estructura trófica. Pp. 149-158, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z Y K. OYAMA. 1994. *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae): Un mosaico de recursos para sus insectos herbívoros. *Acta Botanica Mexicana*, **28**: 29-39.
- CONNOR, E. F. Y E. D. MCCOY. 1979. The statistics and biology of the species-area relationship. *The American Naturalist*, **113**: 791-833.
- FLORES, M. O. 1974. Hemipteros del Pedregal de San Ángel. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- GÓMEZ, J. C., E. EZCURRA Y J. BECERRA. 1986. Respuesta de una comunidad de insectos fitófagos a la pubescencia foliar en el "madroño", *Arbutus xalapensis* H.B.K. *Folia Entomológica Mexicana*, **70**: 99-105.
- IBARRA, N. G. 1979. Las arañas Labidognatha de la parte norte del Pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- KREBS, C. J. 1989. Ecological methodology. Harper & Row, Nueva York.
- LOMOLINO, M. V. 2000. Ecology's most general, yet protean pattern: the species-area relationship. *Journal of Biogeography*, **27**: 17-26.

- MÁRQUEZ-MAYAUDÓN, C. 1968. Ortóperos del Pedregal de San Ángel, Villa Obregón, D.F. *Anales del Instituto de Biología, UNAM. Serie Zoología*, **39**: 1–172.
- PRICE, P. W. 1977. General concepts on the evolutionary biology of parasites. *Evolution*, **31**: 405–420.
- RÍOS-CASANOVA, L. 1993. Análisis espacial y temporal de la comunidad de artrópodos epífitos del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RIOS-CASANOVA, L. Y Z. CANO-SANTANA. 1994. Análisis cuantitativo de los artrópodos epífitos del Pedregal de San Ángel. Pp. 275–282, en: Rojo, A. (comp.). Reserva Ecológica “El Pedregal” de San Ángel: Ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RZEDOWSKI, G. C. Y J. RZEDOWSKI. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª edición. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Mich.
- SERRANO-LIMÓN, G. Y J. RAMOS-ELORDUY. 1989. Biología de *Sphenarium purpurascens* Charpentier y algunos aspectos de su comportamiento (Orthoptera: Acrididae). *Anales del Instituto de Biología, UNAM*, **59**: 139–152.
- SCHOENER, T. W. 1976. Species-area relationship within archipelagoes: Model and evidence from island birds. *Proceedings of XVI International Ornithological Congress*, **6**: 629–642.
- SCHOONHOVEN, L. M.; J. J. A. VAN LOON Y M. DICKE. 2005. *Insect-plant biology*. Oxford University Press, Nueva York.
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1973. The insect/plant relationship – An evolutionary perspective. Pp. 3–10, en: van Emden, H.F. (ed.). *Insect/plant relationships*. Symposia of the Royal Entomological Society of London. Blackwell Scientific Publications, Londres.
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1978. The components of diversity. *Symposium of the Royal Entomological Society of London*, **9**: 19–40.
- STATSOFT, INC. 1995. Statistical user guide complete Statistical System Statsoft. Oklahoma <<http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>>.
- STRONG, D. R., J. H. LAWTON Y S. R. SOUTHWOOD. 1984. *Insects on plants. Community patterns and mechanisms*. Blackwell, Oxford.
- WILLIAMSON, M., K. J. GASTON Y W. M. LONSDALE. 2001. The species-area relationship does not have an asymptote! *Journal of Biogeography*, **28**: 827–830.
- ZAR, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, Nueva Jersey.

Ecología de la comunidad de artrópodos asociada a *Muhlenbergia robusta* (Poaceae)

Víctor López-Gómez, Linda Yesenia Jiménez-Cedillo, Miguel Ángel Blanco-Becerril y Zenón Cano-Santana

Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,

Universidad Nacional Autónoma de México

abies226@yahoo.com.mx

Introducción

La relación planta-artrópodo es una de las interacciones fundamentales para el conocimiento de los ecosistemas terrestres (Schoonhoven *et al.*, 2005). Se conocen varios factores que pueden modificar la estructura de la comunidad de artrópodos asociados a plantas, entre los cuales están: la estacionalidad climática, la disponibilidad de recursos, la heterogeneidad espacial, el tamaño del hábitat y el aislamiento con fuentes de colonización, los cuales se revisarán en detalle a continuación.

La estacionalidad climática está relacionada con la fenología de las plantas, produciendo una variación en la disponibilidad de recursos para los fitófagos, ocasionando cambios en la estructura de la comunidad de los artrópodos epífitos (Strong *et al.*, 1984). Los cambios espaciales y temporales en la disponibilidad de recursos determina la distribución y abundancia de las especies y, además, está directamente relacionada con los niveles de abundancia y biomasa de la fauna que los utilizan (Schowalter, 2006). A pesar de que las plantas pueden ser un recurso constante para los herbívoros, su disponibilidad puede estar limitada por la gran variación que presentan tanto en tiempo como en espacio (Ohgushi, 1992). Los ambientes con una alta heterogeneidad espacial ofrecen una mayor variedad de microhábitats que promueve el establecimiento de una gran variedad de especies con distintos requerimientos (Begon *et al.*, 2006).

Por otro lado, la riqueza de especies de artrópodos se incrementa directamente conforme aumenta el tamaño del hábitat (relación especies-área o SAR por sus siglas en inglés), en donde las plantas de mayor tamaño poseen una mayor variedad y cantidad de microhábitats disponibles para el establecimiento de una gran diversidad de animales con requerimientos contrastantes (Strong *et al.*, 1984). Esta tendencia es uno de los patrones ecológicos más importantes y más documentados en una amplia variedad de taxa y de ecosistemas (Lomolino, 2000). Por otra parte, la riqueza de especies es afectada negativamente por el grado de aislamiento de su hábitat (físico, morfológico o bioquímico), ya que está relacionada con la capacidad de dispersión de las diferentes especies de animales (Sanchez y Parmenter, 2002).

Las redes tróficas de los artrópodos terrestres son consideradas como sistemas complejos porque presentan un gran número de interacciones en un área muy pequeña (Chen y Wise, 1999). La estructura de las redes tróficas de artrópodos varía temporalmente, registrándose longitudes en su cadena trófica que van de 1.25 a 4.03 (Schoenly y Cohen, 1991) y la presencia común de omnivoría debido a que la mayoría de los depredadores son generalistas tróficos (Sabelis, 1992).

En la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (en lo sucesivo, REPSA o Reserva del Pedregal) el zacatón *Muhlenbergia robusta* (Fourn.) Hitchc. (Poaceae) es una planta que desempeña un papel energético trascendental, ya que es la segunda

especie más importante respecto a su aporte a la productividad primaria neta aérea (Cano-Santana, 1994a). Este zacatón crece en forma de macolla y se distribuye en diferentes ambientes dentro de la Reserva del Pedregal, encontrándose tanto en ambientes planos y soleados como en sitios abruptos y sombreados. El ambiente soleado (y plano) se caracteriza por mostrar bajas densidades de árboles y arbustos altos, así como una topografía relativamente plana, en tanto que el ambiente sombreado (o abrupto) presenta una topografía accidentada con promontorios rocosos, hoyos y grietas profundas, además de registrar altas densidades de árboles y arbustos de más de 2.5 m de altura (Rios-Casanova y Cano-Santana, 1994). Por otra parte, la fenología de *M. robusta* está estrechamente relacionada con los cambios estacionales que se registran en la zona de estudio, ya que allí se distingue una temporada de secas (noviembre a mayo) y una de lluvias (junio a octubre) (César-García, 2002).

Actualmente no se han hecho trabajos ecológicos formales sobre la comunidad de animales asociada a *M. robusta*, pues sólo existen menciones de algunos animales que se pueden alimentar de sus tejidos, como el ácaro *Mochloribatula* sp. (Rios-Casanova, 1993), el conejo *Sylvilagus floridanus* Merriam (Cano-Santana, 1994b) y el chapulín *Sphenarium purpurascens* Charpentier (Mendoza y Tovar-Sánchez, 1996). Por otro lado, no se conoce la estructura de la comunidad, ni la dinámica trófica de los artrópodos asociados a *M. robusta*, así como el efecto que tienen los cambios temporales que se detectan en los distintos componentes de la planta (tejido joven, tejido senescente, estructuras reproductivas y detrito) sobre la comunidad de artrópodos. Asimismo no se conoce el contraste entre las condiciones microclimáticas dentro de esta planta y las condiciones exteriores a ésta; lo cual permitiría entender su papel como refugio contra condiciones adversas.

Por lo anterior, los objetivos de este trabajo son: (1) determinar los principales grupos de artrópodos y otros animales asociados a *M. robusta*; (2) determinar el efecto de la fenofase del zacatón, el tamaño de la planta, el tipo de ambiente y la distancia promedio con los zacatones más cercanos sobre los atributos de la comunidad de artrópodos; (3) conocer la red trófica de la artropodofauna asociada a *M. robusta* utilizando observaciones directas; (4) determinar el efecto que tienen los cambios tempo-

rales de los distintos componentes de la planta (tejido joven, tejido senescente, estructuras reproductivas y detrito) sobre la comunidad de artrópodos; y (5) determinar las diferencias entre las condiciones microclimáticas dentro y fuera de los zacatones.

Materiales y métodos

Sistema de estudio

Muhlenbergia robusta es un pasto perenne de 1 a 2 m de altura, se distribuye entre los 2250 y 3200 m s.n.m., desde Nayarit y San Luis Potosí hasta Guatemala (Rzedowski y Rzedowski, 2001). Su floración en la REPSA ocurre de junio a agosto y la fructificación de septiembre a junio (César-García, 2002). Registra el mayor contenido de peso seco de tejido joven entre octubre y noviembre ($74.5 \pm e.e. 18.7 \text{ g/m}^2$) y los valores más bajos entre abril y mayo ($18.2 \pm 6.0 \text{ g/m}^2$) (Cano-Santana, 1994a).

Muestreo 2003-2004: factores que afectan la estructura de la comunidad

Para determinar el efecto de la fenofase del zacatón, el tamaño del hábitat, el tipo de ambiente y la distancia con los vecinos más cercanos sobre la estructura de la comunidad de artrópodos asociados a *M. robusta* se llevaron a cabo dos colectas en épocas contrastantes del crecimiento de *M. robusta*, es decir, en la fenofase en la que el zacatón acumula una mayor biomasa de tejido joven (octubre y noviembre de 2003) y cuando este valor es menor (abril y mayo de 2004) (Cano-Santana, 1994a). En cada colecta se ubicaron diez puntos al azar dentro de las zonas núcleo oriente y poniente de la REPSA. En cada punto se ubicó una parcela de 10 m de radio en un sitio soleado y otra en uno sombreado, en la cuales se seleccionaron tres zacatones de tamaño contrastante (*i.e.*, el más pequeño, uno mediano y el más grande). Los zacatones seleccionados fueron envueltos en su totalidad por bolsas de plástico y se les cortó por su base a ras del suelo. A cada planta se le midió la distancia a los 10 zacatones más cercanos.

El mismo día de la colecta, se realizó la extracción de los especímenes con $\geq 3 \text{ mm}$ de longitud corporal. Los organismos colectados fueron separados por morfoespecies y después fueron enviados a varios especialistas para su

identificación taxonómica. A cada zacatón se le registró la riqueza de especies y la abundancia de animales, con los cuales se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') base logaritmo decimal (Magurran, 1988). Además, se obtuvo el peso seco de los organismos utilizando la siguiente ecuación, la cual se obtuvo a partir de una colecta de artrópodos realizada en octubre de 2003: $\text{peso seco (g)} = 2.84 \times 10^{-5} (\text{longitud corporal})^{2.4794}$ ($F_{1,74}=181.2, P < 0.001, r^2=0.71$).

Después de extraer la fauna, los zacatones fueron secados a 40°C hasta obtener su peso constante en una balanza analítica Ohaus AV812 (± 0.005 g).

Para determinar el efecto del tamaño de la planta (en términos de peso seco), la fenofase del zacatón, el tipo de ambiente y la distancia promedio con los zacatones más cercanos sobre los diferentes atributos de la comunidad (riqueza, abundancia, H' y peso seco) se aplicó un Análisis de Covarianza Multivariado de Wilks (MANCOVA). Posteriormente, se aplicaron pruebas de comparación múltiple de Tukey para conocer las diferencias entre las medias de los tratamientos. Para las variables continuas e independientes que mostraron un efecto significativo, se llevó a cabo un análisis de correlación para cada atributo de la comunidad. Los análisis estadísticos se hicieron con el programa Statistica ver. 7.0 (StatSoft, 2004).

Red trófica

Para conocer la red trófica de la artropodofauna, se llevaron a cabo 34 colectas de zacatones de enero a diciembre de 2007 en la zona núcleo poniente de la REPSA. En cada colecta se localizó un punto al azar y se seleccionó al zacatón más cercano con un perímetro basal > 1 m. Para coleccionar las plantas y extraer la fauna se utilizaron las mismas técnicas descritas anteriormente. Los animales encontrados se colocaron en viales de 10 ml con tapas que les permitía la entrada de aire. Sólo se capturaron animales ≥ 3 mm de longitud corporal. Cada organismo fue identificado a morfoespecie con base en las colectas de 2003 y 2004.

Los animales encontrados fueron colocados en un terrario de cristal de $23 \times 12 \times 14$ cm, el cual fue cubierto con una tela de muselina, procurando mantener 30 organismos por ensayo. Se les suministró agua con un

trozo de algodón hidratado y pequeñas porciones de detrito, hojas frescas, hojas secas y espigas de *M. robusta* para observar si los organismos se alimentan de éstos. El terrario siempre se ubicó en un lugar con luz solar indirecta y fue revisado diariamente (4 h a lo largo de las 24 h del día) para registrar las interacciones tróficas entre los organismos mediante observaciones directas. Con los datos obtenidos se construyó una red trófica sobre la cual se calculó la longitud máxima de la cadena trófica y la conectancia (C), ésta última calculada como: $C=2L/(S(S-1))$, donde L es el número de interacciones observadas y S el número de especies (Warren, 1994).

Muestreo 2007: el papel de los cambios temporales de los componentes de la planta

Para conocer la variación temporal de la disponibilidad de alimento en términos de cuatro componentes de la planta (tejido joven, tejido senescente, estructuras reproductivas y detrito), se realizaron dos colectas en la zona núcleo poniente de la REPSA durante 2007, una en la temporada seca (febrero a marzo) y otra en la temporada de lluvias (agosto a octubre). En cada colecta se ubicaron ocho puntos aleatorios y en cada punto se colectaron los dos zacatones más cercanos (con un perímetro basal entre 100 y 120 cm); uno en un ambiente soleado y otro en un ambiente sombreado. Para coleccionar las plantas y extraer la fauna se utilizaron las mismas técnicas descritas con anterioridad. En este caso, se colectaron animales ≥ 1 mm de longitud corporal. El tejido vegetal de *M. robusta* se separó en los cuatro tipos de fracciones vegetales mencionadas, las cuales fueron secadas a 40°C para obtener el peso seco constante, utilizando una balanza analítica Ohaus AV812.

Los animales encontrados fueron sacrificados en cámara letal de acetato de etilo y separados por morfoespecie. Se determinó el peso seco de los organismos utilizando la ecuación mencionada anteriormente. Para cada planta, se registró la riqueza específica y la abundancia de los artrópodos. Después, se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener base logaritmo natural (Magurran, 1988).

Para conocer el efecto del tipo de ambiente (soleado y sombreado) y la estacionalidad (secas y lluvias) sobre los atributos de la comunidad de artrópodos asociada al zacatón (riqueza, abundancia, peso seco y diversi-

dad) se llevó a cabo un ANDeVA Multivariado de Wilks (MANOVA) y posteriormente, se realizaron pruebas de comparación múltiple de Tukey entre las medias.

Adicionalmente, para conocer el efecto de la estacionalidad, el tipo de ambiente y el tipo de fracción vegetal sobre el peso seco de las diferentes fracciones vegetales de *M. robusta*, se realizó un ANOVA factorial de tres vías y se hicieron pruebas de comparación múltiple de Tukey con las variables independientes que tuvieron efectos significativos en el ANOVA factorial. Para conocer la relación entre el peso seco de las diferentes fracciones vegetales y los atributos de la comunidad (riqueza, abundancia, peso seco y diversidad) se utilizaron análisis de correlación y su significancia se calculó con una prueba de *t*. Todos los análisis estadísticos se hicieron con el programa Statistica ver. 7.0 (StatSoft, 2004).

Variación microclimática

El 15 de noviembre de 2003 y el 8 de mayo de 2004 se monitoreó durante 24 h la temperatura y la humedad relativa en el interior de cuatro zacatonos (2 tamaños \times 2 tipos de ambiente). Los zacatonos pequeños tuvieron de 28 a 30 cm de perímetro basal y los grandes de 122 a 135 cm. Asimismo, se registraron los mismos parámetros en un sitio sin vegetación y a nivel del suelo. Las mediciones se hicieron cada 30 min con un termohigrómetro Hanna HI8564. Para cada fecha se calculó el promedio de la temperatura y humedad del interior de los cuatro zacatonos y después se graficaron con los registros obtenidos de los sitios sin vegetación.

Resultados

Composición de la comunidad de animales

Agrupando los datos de todas las fases de estudio se registraron 158 morfoespecies de animales asociados a *M. robusta*, entre insectos, arácnidos, ácaros, moluscos, quilópodos, diplópodos y anfibios. El grupo que aportó más especies fue el de los insectos (70.2%), seguido por los arácnidos (22.2%), y otros grupos de artrópodos (5.7%). También se registraron dos especies de moluscos (1.3%) y una salamandra (0.6%).

Muestreo 2003-2004: factores que afectan la estructura de la comunidad

En la colecta de 2003-2004 se encontró que los grupos más abundantes de la comunidad fueron los formícidos (19.7%), los arácnidos (19.5%), los hemípteros (14.4%), los blatodeos (12.2%) y los coleópteros (11.6%); en tanto que los grupos que aportaron más peso seco fueron los lepidópteros (33.7%), los ortópteros (19.3%), los hemípteros (14.0%), los blatodeos (6.9%) y los arácnidos (5.1%).

El tamaño del zacatón en términos de peso seco ($F_{4,111}=38.30$, $P<0.001$) y el tipo de ambiente ($F_{4,111}=3.42$, $P=0.01$) tuvieron un efecto significativo sobre todos los atributos de la comunidad (riqueza, abundancia, biomasa y diversidad). En contraste, la lejanía promedio con los diez vecinos más cercanos, la etapa de crecimiento de la planta y la interacción tipo de ambiente \times etapa de crecimiento de la planta no tuvieron un efecto significativo sobre ninguna variable de la comunidad de artrópodos. La comunidad de animales asociados a *M. robusta* presentó una mayor riqueza específica, abundancia, peso seco e índice de diversidad de la comunidad de invertebrados en los ambientes sombreados (Fig. 1).

Las correlaciones entre el peso seco del zacatón y los diferentes atributos de la comunidad (riqueza, abundancia, diversidad y biomasa) fueron positivas y significativas ($r^2=0.54$, 0.53 , 0.45 y 0.25 , respectivamente).

Red trófica

Se detectaron 26 interacciones tróficas en 22 especies de 121 colectadas (incluyendo al tejido joven, tejido senescente, detrito y estructuras reproductivas, las cuales son consideradas como compartimentos de biomasa), y sugieren la existencia de al menos cinco niveles tróficos (Fig. 2). Los productores primarios fueron los tejidos jóvenes y el detrito del zacatón y los cadáveres de algunos artrópodos; los consumidores primarios fueron en su mayoría coleópteros; por su parte, las arañas dominaron como consumidores secundarios y terciarios, y se encontró que el escorpión *Vejovis mexicanus* fue el único depredador tope, el cual, además registra canibalismo (Fig. 2). La conectancia de la red trófica general fue de 0.053 y su longitud máxima de la cadena trófica fue de 3.

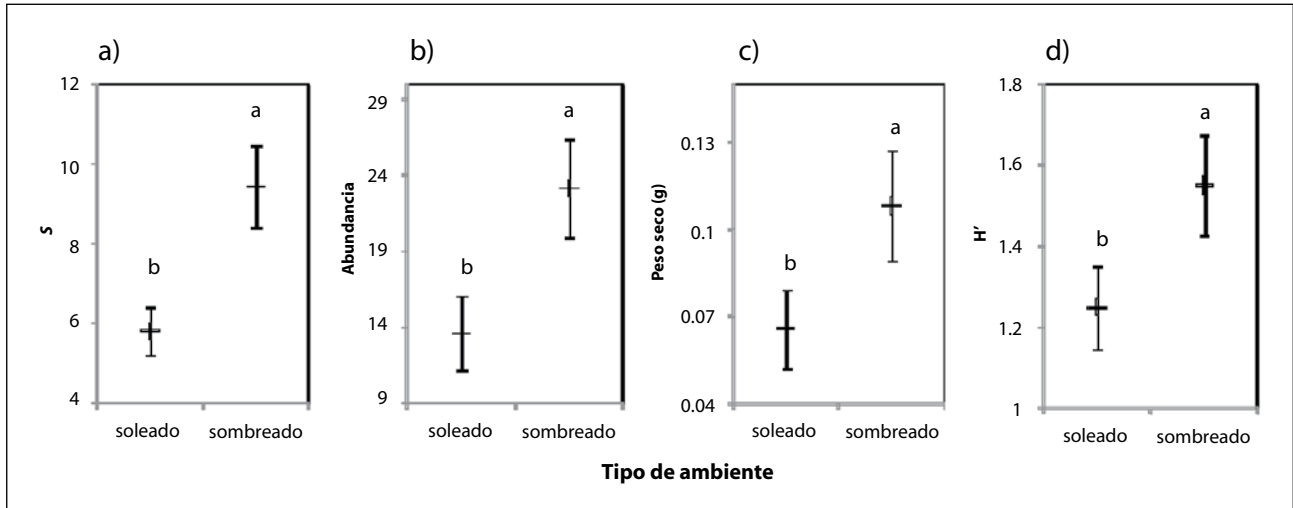


FIG. 1. Efecto del tipo de ambiente sobre los promedios (\pm e.e.) de: (a) riqueza específica (S), (b) abundancia, (c) peso seco e (d) índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') de los artrópodos asociados a *M. robusta* en 2007 en la Reserva del Pedregal. Letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$.

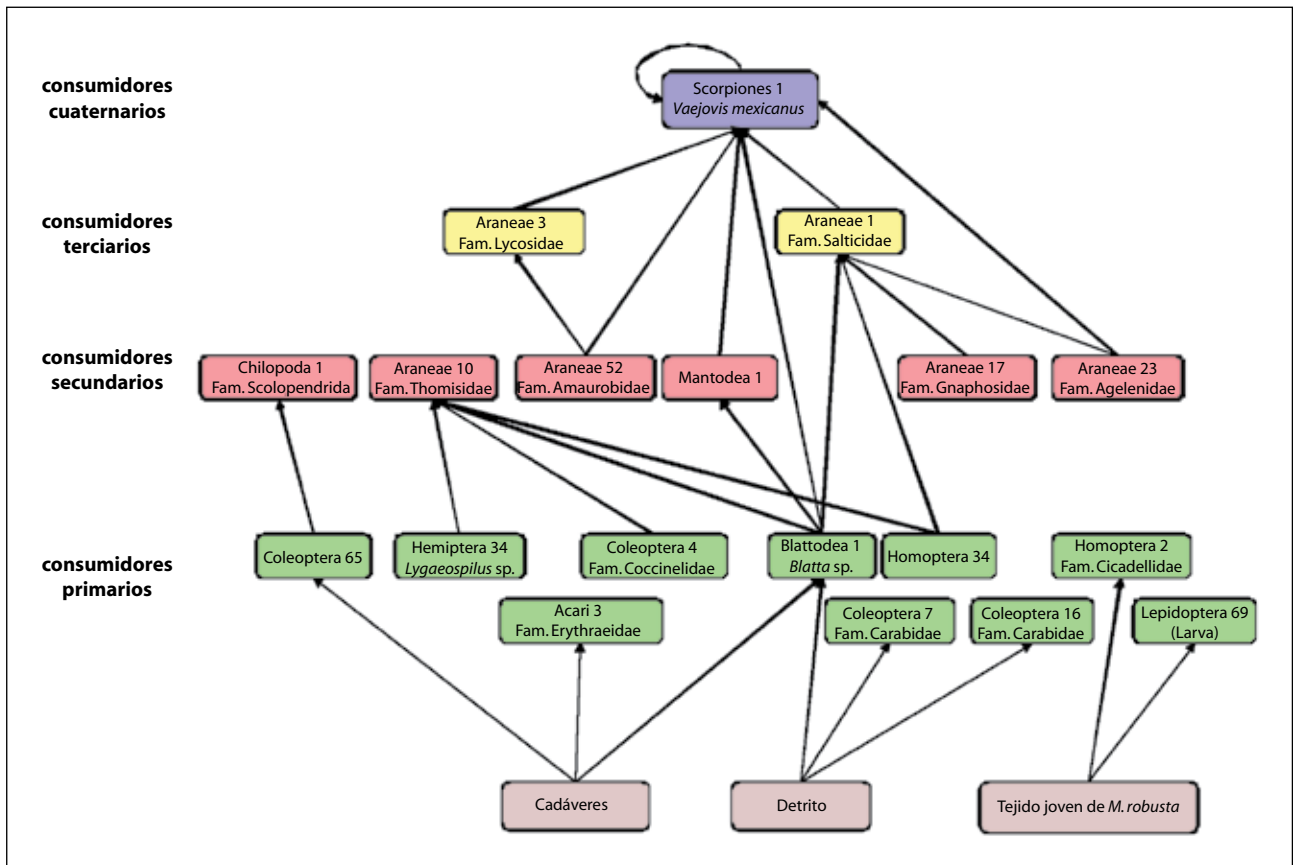


FIG. 2. Red trófica de la fauna asociada a *M. robusta* en la Reserva del Pedregal.

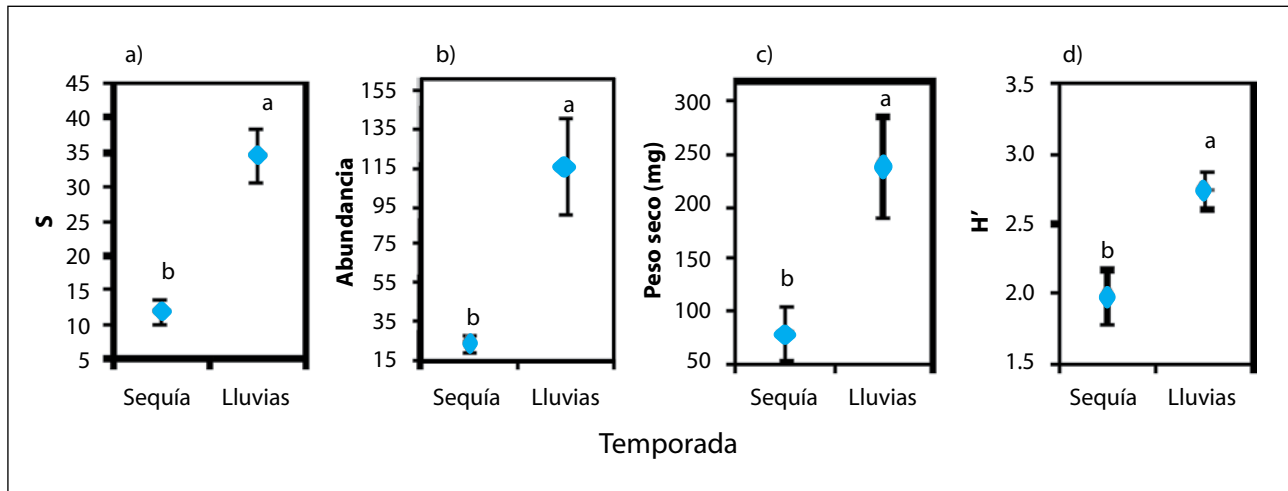


FIG. 3. Efecto de la temporada de colecta sobre los promedios (\pm e.e.) de: (a) riqueza específica (S), (b) abundancia, (c) peso seco e (d) índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') de los artrópodos asociados a *M. robusta* durante el 2007 en la Reserva del Pedregal. Letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.01$.

Muestreo 2007: el papel de los cambios temporales de los componentes de la planta

La estacionalidad tuvo un efecto significativo sobre todos los atributos de la comunidad de artrópodos (riqueza, abundancia, peso seco de los animales y diversidad) (MANOVA: $F_{4,25} = 7.20$, $P < 0.001$), mientras que el tipo de ambiente (soleado o sombreado) no mostró un efecto significativo (MANOVA: $F_{4,25} = 1.10$, $P = 0.38$). Se encontraron valores significativamente más altos de riqueza específica, abundancia, peso seco y diversidad de artrópodos durante la época de lluvias que en la estación seca (Fig. 3). Por otro lado, el peso seco de las diferentes fracciones vegetales fue afectado significativamente por el tipo de fracción vegetal ($F_{3,112} = 74.74$, $P < 0.001$) y por la interacción tipo de fracción \times estación de colecta ($F_{3,112} = 10.01$, $P < 0.001$), pero no por la estación de colecta, el tipo de ambiente, ni las interacciones: tipo de fracción \times tipo de ambiente, estacionalidad \times tipo de ambiente y tipo de fracción \times estación \times tipo de ambiente. La biomasa promedio del tejido joven por planta registrada en la temporada seca fue de 18.9 g. en tanto que en la temporada de lluvias se registró 289.8 g., valores que difirieron significativamente entre sí (Fig. 4). En contraste, la biomasa de las fracciones vegetales restantes (senescente, detrito y reproductivo) no difirieron significativamente entre temporadas (Fig. 4). Además, se encontró la siguiente relación de

biomasa seca entre componentes durante la temporada de sequía: tejidos senescentes > detritos > tejidos jóvenes = estructuras reproductivas, en tanto que en temporada de lluvias se registró la siguiente relación: tejidos senescentes = detritos = tejidos jóvenes > estructuras reproductivas (Fig. 4).

Sólo se registraron correlaciones positivas y significativas entre el peso seco del tejido joven vs. riqueza ($r = 0.469$, $P = 0.007$); el tejido joven vs. abundancia ($r = 0.436$, $P = 0.012$) y el tejido joven vs. peso seco de la arthropodofauna asociada ($r = 0.374$, $P = 0.037$), así como entre el peso seco del detrito vs. H' ($r = 0.374$, $P = 0.033$). Asimismo, se registraron correlaciones negativas y significativas del peso seco del tejido senescente vs. riqueza ($r = -0.400$, $P = 0.022$) y vs. abundancia ($r = -0.374$, $P = 0.035$).

Condiciones microclimáticas

Los zacatones presentaron menores temperaturas que el exterior, principalmente entre las 12:30 y las 22:00 (Figs. 5a y b). Por otro lado, se registró que la humedad relativa es notablemente mayor dentro de los zacatones que en el exterior. Dentro de un zacatón la humedad mínima promedio fue de 26.4%, en tanto que en el exterior el valor mínimo registrado de este parámetro fue de 13.2% (Figs. 5c y d).

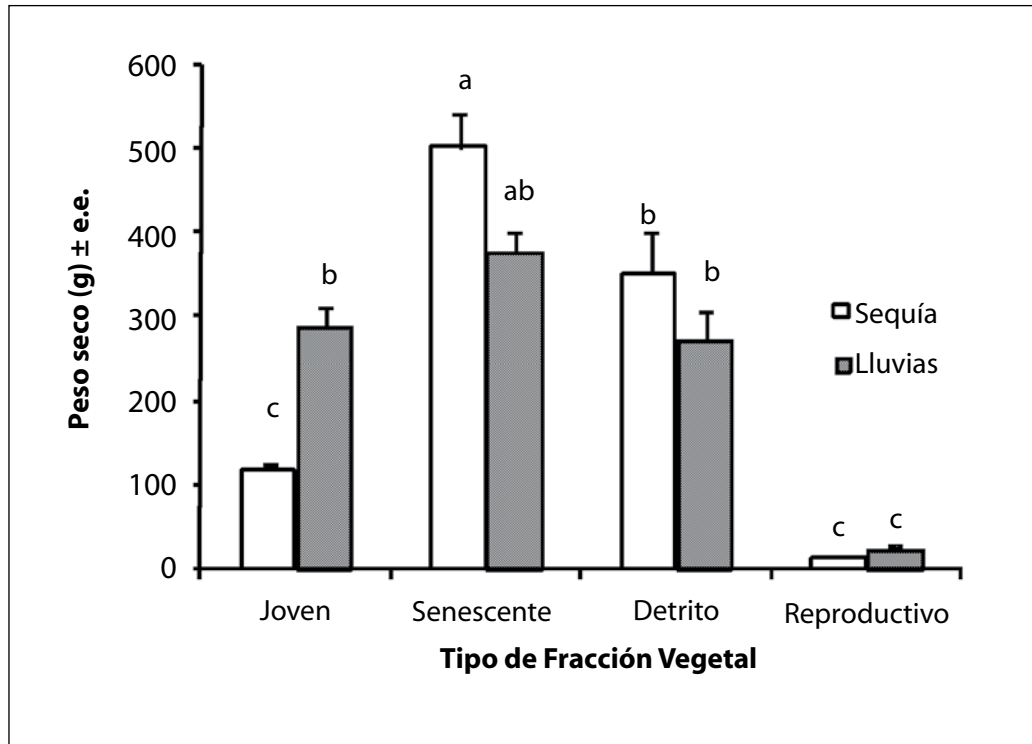


FIG. 4. Peso seco promedio (\pm e.e.) de cuatro tipos de fracciones vegetales de *M. robusta*, en dos estaciones contrastantes, sequía (febrero a marzo) y lluvias (septiembre a octubre) de 2007 en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Discusión

Muhlenbergia robusta como refugio de animales

Esta planta ofrece alimento y albergue a 158 especies de animales. Esta planta ofrece alimento vegetal joven y detritos para organismos de cadenas biófagas y saprófagas, así como condiciones de mayor humedad que en el exterior, lo cual puede ser favorable porque reduce la posibilidad de deshidratación de los animales.

Factores que modifican la estructura de la comunidad de artrópodos

La estacionalidad, el tipo de ambiente, y el tamaño de la planta afectaron la estructura de la comunidad de artrópodos asociados a *M. robusta*, mientras que la distancia con los vecinos más cercanos y la fenofase de *M. robusta* no tuvieron un efecto significativo.

Estacionalidad de la comunidad. En el muestreo de 2007 se encontró que la riqueza, abundancia, peso seco y diversidad de los artrópodos tienen mayores valores en la temporada lluviosa (agosto-octubre) que en la de secas (febrero-marzo) (Fig. 3). Sin embargo, en los resultados del muestreo 2003-2004 se encontró un efecto marginal ($P = 0.08$) en la estacionalidad de la fenofase de *M. robusta* (en términos de oferta de tejido joven). Lo cual sugiere que la estacionalidad de las condiciones climáticas es más importante para la artropodofauna asociada a *M. robusta* que la estacionalidad en cuanto a la cantidad de tejido joven del zacatón. Se sabe que el nivel de precipitación está relacionado con la estructura de la comunidad de los artrópodos, ya que modifica directamente la abundancia y las actividades de forrajeo de los fitófagos y detritívoros, y como consecuencia, se incrementa la presencia y actividad de los depredadores (Shultz *et al.*, 2006). Además, se sabe que los niveles de precipitación afectan el estrés hídrico y vigor de las plantas, lo cual se ha registrado que modifica la estructura de la comunidad de artrópodos asociados (Schowalter, 1999).

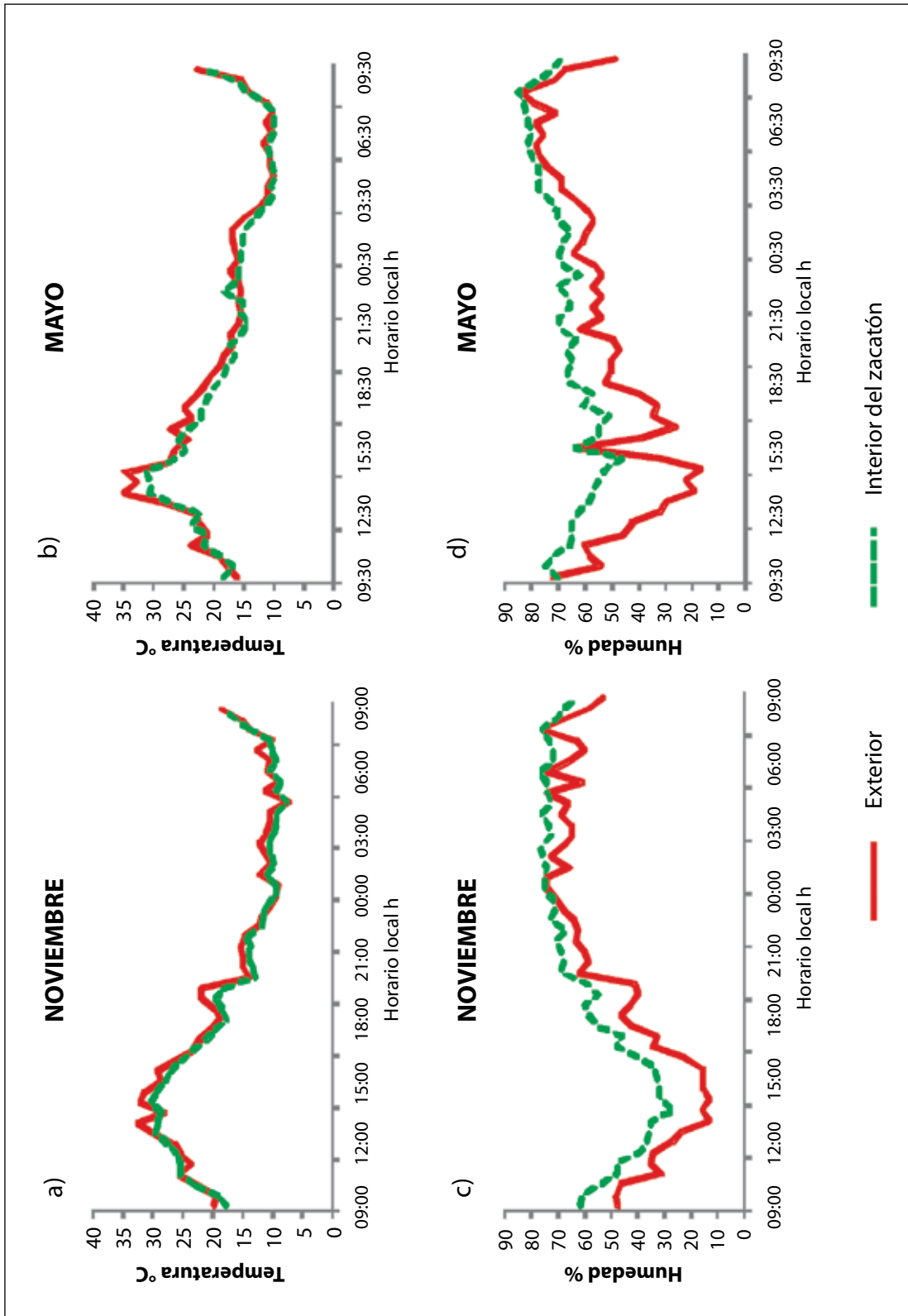


FIG. 5. Valores promedio de la temperatura y la humedad relativa del interior de cuatro zacatonces de *M. robusta* (línea verde), así como el registro de las condiciones externas en un sitio abierto (línea roja), el 15 de noviembre de 2003 (a, c) y el 8 de mayo de 2004 (b, d).

Aunque no se observó un efecto significativo de la fenofase del zacatón (*i.e.* la disponibilidad de tejido joven), el tejido fresco del zacatón constituye un recurso alimenticio relevante que influye en la estructura de la comunidad de artrópodos, ya que lo encontramos relacionado positivamente con los cuatro atributos de la comunidad (riqueza, abundancia, peso seco y diversidad). Los tejidos vegetales jóvenes son además una fuente importante de aprovisionamiento de agua y nitrógeno que satisfacen los requerimientos alimentarios de los artrópodos fitófagos (Bernal-Flores *et al.*, 2002).

Tipo de ambiente. El tipo de ambiente (soleado vs. sombreado) afectó la estructura de la comunidad de artrópodos asociados a *M. robusta* en la colecta de 2003-2004, pero no en la de 2007. Los altos valores de abundancia, biomasa, riqueza y diversidad de la artropodofauna registrada en los ambientes sombreados en 2003-2004 respecto a los valores registrados en los sitios soleados, posiblemente se deban a que (1) la presencia de un estrato arbóreo (característico de este ambiente) ofrece una mayor complejidad estructural que favorece el asentamiento de una artropodofauna más rica y diversa (Lawton y Schröder, 1977), y (2) el ambiente sombreado fomenta condiciones más húmedas que permiten un mejor desarrollo de los artrópodos epífitos y epiedáficos que viven dentro de los zacatones, ya que se reducen las posibilidades de deshidratación. Sin embargo, las discrepancias entre muestreos pueden deberse a que el tamaño de muestra en 2007 fue más pequeño (2003-2004: $N = 120$; 2007: $N = 32$), lo cual incrementó el error de muestreo en 2007.

Tamaño de la planta. Las relaciones directas entre el tamaño del zacatón con la riqueza y la diversidad de la comunidad de artrópodos, indican que las plantas más grandes tienen una mayor variedad y cantidad de hábitats disponibles para la fauna, lo cual permite la coexistencia de un gran número de especies con requerimientos contrastantes (Soulé y Simberloff, 1986). En este estudio se corroboró la relación directa especies-área (SAR) en la relación planta-artrópodo, la cual ha sido reportada en otras plantas hospederas como las bromeliáceas (Richardson, 1999) y algunos arbustos (Sanchez y Parmenter, 2002).

El incremento de la abundancia y el peso seco de los artrópodos en las plantas más grandes sugiere que estos sistemas presentan una mayor disponibilidad de alimento y espacio que permiten una mayor capacidad de carga para las poblaciones de artrópodos (Ohgushi, 1992).

Red trófica

Las principales fuentes energéticas que tiene *M. robusta* fueron las hojas jóvenes y el detrito, así como los cadáveres de algunos organismos, lo cual muestra que intervienen cadenas biófagas y saprófagas en la red trófica de este sistema.

Se registró canibalismo y omnivoría en la red trófica. La omnivoría es muy común en las redes alimentarias de artrópodos terrestres, dados los hábitos alimentarios de los depredadores (Denno y Fagan, 2003); sin embargo, en este estudio sólo se hallaron tres especies omnívoras. La presencia de depredadores tope en los zacatones sugiere que las interacciones competitivas en los niveles inferiores son de menos intensidad, tal como se ha encontrado en otros ecosistemas (Örjan *et al.*, 2007). Se requiere hacer más ensayos de interacciones tróficas y con un mayor número de especies para completar la red trófica, ya que en este estudio sólo se pudieron documentar los hábitos de 19 de las 158 especies que se han registrado en esta planta.

Lejanía con los vecinos más cercanos

La lejanía que se registró entre los pastos no afectó los atributos de la comunidad de artrópodos asociados a *M. robusta*, probablemente porque las distancias que se registraron fueron muy cortas ($1.95 \pm e.e. 0.12$ m; intervalo: 0.5-12.0 m) para restringir la capacidad de dispersión de los artrópodos encontrados, en comparación con la distancia que mantienen las plantas entre sí ($103 \pm d.e. 65$ m) en aquellos estudios donde se registró un claro efecto del aislamiento del hábitat sobre la riqueza de especies (Sanchez y Parmenter, 2002).

Agradecimientos

Agradecemos a Santiago Zaragoza Caballero, Harry Brailovsky, Iván Castellanos Vargas, Patricia Hernández, Jesús Romero Nápoles, Enrique Montes de Oca, Rafael Gaviño Rojas, Ignacio M. Vázquez Rojas y Cristina Mayorga Martínez por su ayuda en la identificación de los organismos. Además agradecemos a Susana Alejandre Grimaldo, Erick Daniel Villamil, Isael Victoria, Violeta González Robles, Yajaira García Feria, Ernesto Navarrete Arauza, Juan López Patiño, Marcia Carmona Maldonado, Marcos Flores, David Bacilio, Carmen Alejandra y a Kenneth Alberto Valencia Landa por su ayuda en el trabajo de campo. Finalmente, agradecemos a Marco Romero-Romero por su ayuda en la administración de nuestro equipo de cómputo.

Literatura citada

- BEGON, M., C.R. TOWNSEND Y J. L. HARPER. 2006. Ecology: From individuals to ecosystems. Blackwell Publishing, Oxford.
- BERNAL-FLORES, A., A. HERNÁNDEZ-GARAY, J. PÉREZ-PÉREZ, J. G. HERRERA-HARO, M. MARTÍNEZ-MENESES Y J. L. DÁVALOS-FLORES. 2002. Patrón de crecimiento estacional de pastos nativos, en un bosque de encino, en el Estado de México, México. *Agronomías*, **40**: 39-47.
- CANO-SANTANA, Z. 1994a. Flujo de energía a través de *Sphenarium purpuracens* (Orthoptera: Acrididae) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófila. Tesis de doctorado. UACPyCCH/Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z. 1994b. La Reserva del Pedregal como ecosistema: estructura trófica. Pp. 149-158, en: Rojo, A. (ed.) Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CÉSAR-GARCÍA, S. F. 2002. Análisis de algunos factores que afectan la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CHEN, B. Y H. B. WISE. 1999. Bottom-up limitation of predaceous arthropods in a detritus-based terrestrial food web. *Ecology*, **80**: 761-772.
- DENNO, R. F. Y W. F. FAGAN. 2003. Might nitrogen limitation promote omnivory among carnivorous arthropods? *Ecology*, **84**: 2522-2531.
- LAWTON, J. H. Y D. SCHRÖDER. 1977. Effects of plant type, size of geographical range and taxonomic isolation on number of insect species associated with British plants. *Nature*, **265**: 137-140.
- LOMOLINO, M. V. 2000. Ecology's most general, yet protean pattern: the species-area relationship. *Journal of Biogeography*, **27**: 17-26.
- MAGURRAN, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Londres.
- MENDOZA C. P. Y E. TOVAR-SÁNCHEZ. 1996. Ecología de forrajeo de *Sphenarium purpuracens* (Orthoptera: Acrididae) en la Reserva del Pedregal de San Ángel, D.F. México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- OHGUSHI, T. 1992. Resource limitation on insect herbivore populations. Pp. 199-241, en: Hunter, M.D., T. Ohgushi y P. Price (eds.). Effects of resource distribution on animal-plant interactions. Academic Press, San Diego.
- ÖRJAN, Ö., N. W. GRIFFIN, J. L. STRASBURG, J. A. BRISSON, A. R. TEMPLETON, T. M. KNIGHT Y J. M. CHASE. 2007. Habitat area affects arthropod communities directly and indirectly through top predators. *Ecography*, **30**: 359-366.
- RICHARDSON, B. A. 1999. The bromeliad microcosm and the assessment of faunal diversity in a neotropical forest. *Biotropica*, **31**: 321-336.
- RIOS-CASANOVA, L. 1993. Análisis espacial y temporal de la comunidad de artrópodos epífita del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RIOS-CASANOVA, L. Y Z. CANO-SANTANA. 1994. Análisis cuantitativos de los artrópodos epífitos del pedregal de San Ángel. Pp. 275-282, en: Rojo, A. (ed.) Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel:

- ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RZEDOWSKI, G. C. Y J. RZEDOWSKI. 2001 Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, Pátzcuaro.
- SABELIS, M. W. 1992. Predatory arthropods. Pp. 225-264, en: Crawley, M.J. (ed.) Natural enemies, the population biology of predators, parasites and diseases. Blackwell Scientific, Oxford.
- SANCHEZ, C. B. Y R. R. PARMENTER. 2002. Patterns of shrub-dwelling arthropod diversity across a desert shrubland-grassland ecotone: a test of island biogeographic theory. *Journal of Arid Environments*, **50**: 247-265.
- SCHOENLY, K. Y J. E. COHEN. 1991. Temporal variation in food web structure: 16 empirical cases. *Ecological Monographs*, **61**: 267-298.
- SCHOONHOVEN, L. M., J. J. A. VAN LOON Y M. DICKE. 2005. Insect-plant biology. Oxford University Press, Oxford.
- SCHOWALTER, T. D. 2006. Insect ecology: an ecosystem approach. Academic Press, Boston.
- SHULTZ, B. J., J. R. LENSING Y D. H. WISE. 2006. Effects of altered precipitation and wolf spiders on the density and activity of forest-floor Collembola. *Pedobiologia*, **50**: 43-50.
- SOULÉ, M. E. Y D. SIMBERLOFF. 1986. What do genetics and ecology tell us about the design of nature reserves? *Biological Conservation*, **35**: 19-40.
- STATSOFT, INC. 2004. STATISTICA (data analysis software system), versión 7.0. www.statsoft.com.
- STRONG, D. R., J. H. LAWTON Y S. R. SOUTHWOOD. 1984. Insects on plants: community patterns and mechanisms. Harvard University Press, Cambridge.
- WARREN, P. H. 1994. Making connections in food webs. *Trends in Ecology and Evolution*, **9**: 136-141.

RESTAURACIÓN, CONSERVACIÓN Y MANEJO



Tlacuache

Didelphis virginiana californica

Fauna feral, fauna nociva y zoonosis

Alejandro Cruz-Reyes

Departamento de Zoología, Instituto de Biología,
Universidad Nacional Autónoma de México
acr@ibiologia.unam.mx

Introducción

En este trabajo se revisan los aspectos más sobresalientes de la biología de la fauna feral y nociva que se han detectado en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA), con el fin de entender la problemática que entraña su presencia en un área natural protegida, en particular, en lo referente al potencial que tiene su presencia como reservorios de organismos patógenos que afecten a la fauna silvestre de la misma.

La fauna feral

El término feral proviene del latín *ferālis*, feroz o letal, y éste de *fera*: fiera o animal salvaje. El Diccionario de la Lengua Española (1984) lo define como un adjetivo en desuso, que significaba cruel y sangriento. En diferentes regiones de México y el mundo hay muchas especies de animales ferales, entre las que se cuentan perros, gatos, cerdos y caballos.

En la REPSA se han detectado dos tipos de animales ferales: los perros y los gatos. A continuación revisaremos brevemente la biología de los perros callejeros, semiferales y ferales y de los gatos.

El ejemplo más conocido de fauna feral son los perros (Fig. 1). Éstos, al ser abandonados por sus dueños, se agrupan y retoman características de los lobos, entre los que se cuentan su organización en jaurías para la cacería y sus mecanismos de reproducción. Los perros callejeros difieren de los ferales en que mantienen su relación con

los seres humanos y, de alguna manera, dependen de ellos para alimentarse, bien sea de sus desechos o bien, por alimentación directa y circunstancial. Estos perros normalmente son solitarios, ya que no necesitan de la organización de una jauría para cazar. Existe otro tipo de perros, los semiferales, que siguen manteniendo cierta conexión con los seres humanos. Estos animales en particular se ubican en lugares donde pueden encontrar comida, viven alejados de los seres humanos, cazan y se agrupan. Sin embargo, cuando las condiciones climáticas o de otro tipo son extremas, salen de sus refugios para buscar alimento. Esto lo hacen cerca o dentro de la población humana, después regresan a sus áreas de aislamiento. Los verdaderos perros ferales nunca se vuelven a acercarse a los humanos a menos que sea para atacarlos. Los gatos ferales muy rara vez salen de su área de aislamiento y no se dejan tocar por los humanos.

Los perros ferales son el resultado del abandono de mascotas, o bien, por nacimiento de camadas en sitios apartados. Con el tiempo este tipo de animales se vuelven callejeros o se quedan en terrenos poco habitados, teniendo crías que no se relacionan con humanos, perdiendo el vínculo con la gente, por lo cual se empiezan a agrupar y a retomar la conducta de los lobos. En este caso, durante el día muestran un comportamiento tranquilo o huidizo, con movimientos lentos pero constantes, y generalmente se observan en pareja. En las noches o al amanecer se tornan muy agresivos y forman jaurías que mantienen ladridos y aullidos constantes. En las jaurías de perros ferales, como las de los lobos, hay un macho y una hembra dominantes que son los únicos que se re-

producen, en tanto que los demás miembros de ésta inhiben su reproducción y colaboran en la crianza de los cachorros de la hembra dominante. Los perros ferales retoman la cacería comunitaria similar a la de los lobos, que consiste en el acorralamiento de una presa, dirigiéndola hacia la manada, para que allí sea atacada por el resto de la jauría (Matter y Daniels, 2000).

El comportamiento de los gatos ferales (Fig. 2), que también abundan en la REPSA, se distingue del de los perros porque, aunque son gregarios, no cazan en grupo ni atacan a los humanos.

Por el momento no se cuenta con una estimación del tamaño de las poblaciones de perros y gatos ferales de la REPSA. Por otro lado tampoco se cuenta con datos exactos y recientes sobre el tamaño de la población de perros la Ciudad de México (Rangel *et al.*, 1981).

Fauna nociva y zoonosis

El término “fauna nociva” tiene un sentido claramente antropocéntrico, ya que evolutiva y ecológicamente ninguna especie puede ser nociva para la propia naturaleza. Este tipo de fauna ha surgido con la urbanización, la agricultura y, en general, con todo tipo de alteraciones antropogénicas, como son, por ejemplo, la deforestación y la construcción de presas. Las guerras, la sobrepoblación humana y recientemente el fenómeno socioeconómico de la globalización, también han jugado un papel muy importante en la generación de fauna nociva en todo el planeta. Los animales más comunes que pueden clasificarse como fauna nociva son perros y gatos ferales, perros callejeros, ratas y ratones, cucarachas, moscas, mosquitos, alacranes, hormigas, avispas y algunos murciélagos y moluscos terrestres, entre otros (USDHEW, 1969). En estos casos la nocividad puede ser directa o indirecta, la primera es por presencia física en cantidades excesivas (como en el caso de algunos insectos, como las cucarachas y las moscas, entre otros), la indirecta la causan los vectores (artrópodos y moluscos) de agentes patógenos (virus, bacterias, hongos, protozoarios y helmintos causantes de zoonosis). Las zoonosis son las infecciones o infestaciones transmitidas de manera natural, de animales vertebrados a humanos (Hugh-Jones *et al.*, 1995; Cruz-Reyes y Camargo-Camargo, 2001). Las zoonosis en



Fig. 1. Perro feral macho, en reposo en una Zona Núcleo Oriente de la Reserva



Fig. 2. Gato feral deambulando por el campus

general se han clasificado según el agente etiológico que las produce, como virales, micóticas, bacterianas, parasitarias (protozoarios y helmintos) y por artrópodos. Las zoonosis parasitarias incluyen “zoonosis obligadas”; que se transmiten solamente de vertebrados a humanos y “zoonosis facultativas”, las que generalmente se transmiten de humano a humano, siendo el agente causal siempre de origen animal. Algunos autores han clasificado a las zoonosis de acuerdo con su hospedero reservorio, ya sea éste humano o animal (Acha y Szyfres, 1986; Schwabe, 1984).

El término “antropozoonosis” se ha empleado para referirse a infecciones o infestaciones transmitidas de humanos a vertebrados, mientras que el término “zooantropozoonosis” se ha usado para describir infecciones o infestaciones transmitidas por vertebrados inferiores a humanos. Sin embargo, se han producido algunas confusiones, por ejemplo, el término “anfixenosis” se ha utilizado para nombrar las zoonosis que se transmiten en ambos sentidos.

Ante la presencia de animales domésticos y silvestres, principalmente aves y mamíferos en las zonas donde habitan o trabajan los humanos, existe el riesgo de adquirir una infección o infestación, por contacto directo o indirecto.

Existen leyes locales, nacionales e internacionales que intentan regular el tránsito de la fauna nociva de un lugar a otro, por ejemplo de un país a otro. Sin embargo, la globalización ha superado a cualquier ley.

Por lo tanto, cuando se detecta la presencia de fauna nociva, lo que procede es tratar de evitar que prolifere, aprendiendo a controlarla en forma específica, ya que erradicar cualquier especie es prácticamente imposible.

Uno de los métodos más eficientes y económicos para el control de perros callejeros y fauna feral es la educación ambiental en todos los estratos de la sociedad, sin importar el nivel socio-económico. El control de perros callejeros que son potencialmente ferales es difícil, ya que la misma sociedad lo impide, aduciendo que hay maltrato y crueldad en el manejo de estos animales. La educación ambiental puede ayudar a crear conciencia sanitaria para mejorar los métodos de prevención de la presencia de fauna nociva, y a la vez promover y mejorar las técnicas de control.

Mamíferos silvestres que pueden interactuar con la fauna feral

La fauna actual de mamíferos en la REPSA (Consultar Hortelano-Moncada *et al*; en este volumen) está compuesta por 5 órdenes y al menos 25 especies: 12 de Chiroptera, siete de Rodentia, cuatro de Carnivora, una de Didelphimorphia y una de Lagomorpha (Negrete, 1991; Ceballos y Oliva, 2005). Aquí sólo se mencionan a las especies que consideramos representan un riesgo de

estar involucradas en el ciclo de diversas enfermedades zoonóticas, debido a su abundancia y comportamiento.

El tlacuache, *Didelphis virginiana*, es una especie de hábitos nocturnos y es el único marsupial en la Cuenca del Valle de México. Existe mucha información relacionada con enfermedades de los tlacuaches en América; sin embargo, el tlacuache de la REPSA no se ha estudiado desde el punto de vista zoonótico. Este marsupial, por ejemplo, puede tener al mismo tiempo y en un solo individuo más de 30 agentes patógenos desde virus hasta artrópodos (Alden, 1995; Cañeda-Guzmán, 1997; Samuel *et al.*, 2001).

El ardillón *Spermophilus variegatus* es de hábitos diurnos y vive principalmente en lugares rocosos de la REPSA, así como en los camellones y jardines dentro de todo el *campus* de Ciudad Universitaria y, como todos los mamíferos, constituye un reservorio potencial del virus de la rabia; sin embargo, no se tienen datos acerca de esta y otras infecciones parasitarias del ardillón del Pedregal.

La rata de campo *Neotoma mexicana* es uno de los roedores silvestres más abundantes de la REPSA. Participa como diseminador de parásitos y forma parte de la cadena alimentaria de vertebrados silvestres; sin embargo, no interactúa fácilmente con la población humana.

Los roedores domésticos que no se consideran silvestres como los de la familia Muridae, pero que a la vez no conviven directamente con la población humana, se consideran reservorios sinatópicos, y reservorios paratópicos, estos son los animales que sirven de enlace o puentes en la transmisión de diversos agentes causales de infecciones e infestaciones entre la fauna silvestre y doméstica, así como entre la población humana (Cruz-Reyes y Camargo-Camargo, 2001).

La rata noruega *Rattus norvegicus*, la rata negra *Rattus rattus* y el ratón gris *Mus musculus* se encuentran ampliamente distribuidos dentro de Ciudad Universitaria, así como en los bordes de la REPSA. Es probable que ahí sean reservorios de diversas zoonosis. Forman parte de la cadena alimentaria entre gatos y perros ferales. Su importancia epidemiológica aumenta por su estrecha relación con la población humana en la periferia de la REPSA. Existe una gran cantidad de bibliografía relacionada con estas tres especies y su relación con la salud pública (Cox, 1979; Weber, 1982).

El conejo castellano *Sylvilagus floridanus* es abundante en la REPSA, su importancia radica en que forma potencialmente parte de la cadena alimentaria entre cánidos domésticos, ferales y silvestres, completando varios ciclos de helmintos.

La zorra gris *Urocyon cinereoargenteus*, por su parte, es un cánido que con cierta frecuencia se le observa en zonas suburbanas. Es común encontrar sus huellas y excrementos en veredas y caminos de la REPSA. Es un depredador de roedores y conejos y probablemente compite por espacio y alimento con perros ferales.

El cacomixtle *Bassariscus astutus* es otro carnívoro, muy huidizo, que se encuentra en zonas suburbanas en donde puede encontrar aves de corral para su alimentación. En la REPSA su distribución se encuentra restringida hacia la parte occidental. También se encuentran con cierta frecuencia sus huellas y excrementos cerca de cañadas y cuevas. Podría ser un buen reservorio de diversos helmintos zoonóticos.

Zoonosis parasitarias de las faunas doméstica y feral

En la REPSA coexisten cuatro tipos de fauna de mamíferos, la doméstica, la feral, la silvestre o nativa y la sinantrópica. En esta sección mencionaremos algunas zoonosis parasitarias que se transmiten entre mamíferos domésticos y ferales. Los perros domésticos y ferales actúan como “transporte” diseminador de agentes biológicos infectantes como son ooquistes de *Toxoplasma gondii* y *Cryptosporidium* spp., quistes de *Entamoeba histolytica* y *Giardia duodenalis*, así como huevos de *Ascaris lumbricoides* (Traub *et al.*, 2002; Giangaspero *et al.*, 2007). Estos parásitos no infectan a los cánidos, sin embargo, al comer materia fecal de gatos o humanos, estos cánidos transportan y diseminan con sus heces dichas formas infectantes para humanos y felinos (Hunter y Thompson, 2005).

En esta sección solamente mencionaremos algunos ejemplos de parásitos que se presentan tanto en cánidos como en félicos de las faunas doméstica y feral, los cuales podrán causar problemas biológicos y de salud pública. Como en este espacio sería muy extenso presentar la problemática que representan todos los protozoarios y helmintos de estos hospederos, en el Apéndice 1 se presenta un listado de

parásitos que están relacionadas con las faunas doméstica y feral presentes en la REPSA.

Perros

El nemátodo *Toxocara canis* es un buen ejemplo de parásito cosmopolita que parasita el intestino delgado de perros y cánidos en general. Es parásito de seres humanos sólo en estadio larvario, se puede alojar en ojos y producir ceguera permanente (Holland *et al.*, 1991; Beaver *et al.*, 1994; Patiño, 1996). El ciclo de transmisión entre perros es directo, y éstos se pueden infectar por varias vías: (a) ingestión de huevos con larvas infectantes directamente del suelo, (b) por ingestión de hospederos paraténicos (ratas o ratones), (c) por infección de fetos o cachorros vía transplacentaria o transmamaria, respectivamente y (d) cachorros que ingieren huevos infectantes. La prevalencia de *T. canis* depende de los cambios estacionales (Eguía-Aguilar *et al.*, 2005; Andresiuk *et al.*, 2007).

Se han publicado numerosos artículos acerca del problema que representa el fecalismo por perros en la vía pública, así como estudios sobre la prevalencia de los parásitos de los perros domésticos. El *campus* de la Ciudad Universitaria y la REPSA no son la excepción. La presencia indiscriminada de perros por todas las áreas del *campus* es evidente especialmente durante los fines de semana, los desechos fecales de estos animales están dispersos por todas partes, y como se mencionó anteriormente el nemátodo parásito *Toxocara canis*, es cosmopolita y su prevalencia en perros callejeros y caseros es casi del 100%. Con los excrementos de estos animales se eliminan los huevos de este parásito que al pasar aproximadamente dos semanas en el suelo se incuban y se hacen infectantes por la larva que se desarrolla dentro de cada huevo, dando esto como resultado un riesgo de infección para otros perros, para humanos, así como para los cánidos y roedores que puedan tener acceso a esta contaminación. En los humanos no se desarrolla el parásito adulto pero si produce un síndrome conocido como el de larva migratoria (*larva migrans*). El fecalismo por perros y humanos también puede producir otras infecciones por diversos agentes causales (Dubinsky *et al.*, 1995; Martínez-Barbosa *et al.*, 1998; Traub *et al.*, 2002)

Gatos

Los gatos y los perros comparten muchos parásitos entre sí, pues la mayoría de ellos no presentan especificidad hospedatoria (Flores-Barroeta, 1955; Sommerfelt *et al.*, 2006). *Toxocara cati*, por ejemplo, es el helminto cosmopolita más frecuente en gatos, cuyas larvas también pueden causar el síndrome de *larva migrans* ocular en niños y adolescentes, según lo demuestran diversas publicaciones (Martínez-Barbosa *et al.*, 1997). Se ha encontrado que no hay mucha diferencia entre la fauna parasitaria de gatos domésticos y ferales (Anderson *et al.*, 2003); igualmente, no se han encontrado diferencias sustanciales entre perros y gatos que están bien cuidados como mascotas y los que no lo son tanto (Sommerfelt *et al.*, 2006; Palmer *et al.*, 2008).

Un protozooario que es exclusivo del intestino delgado de todos los felinos es *Toxoplasma gondii*, el cual produce una zoonosis directa; sin embargo, el ciclo se mantiene ampliamente distribuido en la naturaleza mediante reservorios paraténicos, como son algunos roedores silvestres y sinatópicos. *Toxoplasma gondii* es de los parásitos más ubicuos y que producen unas de las infecciones más severas en la especie humana (Tenter *et al.*, 2000).

Los parásitos de los felinos domésticos, ferales y silvestres son numerosos, de los cuales la gran mayoría son zoonóticos. En el Apéndice 1 se enlistan algunas especies de parásitos de cánidos y felinos, sin embargo, se puede mencionar al género *Cryptosporidium* como un taxón que contiene muchas especies y que ha sido reconocida su presencia hasta muy recientemente y están vinculadas con el fecalismo de perros y gatos. Estos parásitos cuyas formas infectantes (los oocistos) se encuentran en el suelo, llegan a contaminar las fuentes de agua potable y son causa de diarreas intermitentes de difícil diagnóstico y tratamiento. Se conocen más de 20 especies ampliamente distribuidas en la naturaleza que se han aislado de diversas especies de vertebrados (Caccio *et al.*, 2002; Thomson *et al.*, 2007).

Los ectoparásitos de perros y gatos domésticos y ferales, como la pulga *Ctenocephalides felis* está ampliamente distribuida y poco estudiada en México, la cual causa daños directos en piel y, al mismo tiempo, es un hospedero intermediario de protozoarios y helmintos (Rust, 2005).

Ratas y ratones

Los roedores no silvestres deberían considerarse propiamente como fauna sinatópica, por su relación estrecha con humanos y por jugar un papel importante en la transmisión de diversos agentes causales de enfermedades dentro de la REPSA. Estos roedores (*R. norvegicus*, *R. rattus* y *M. musculus*) son considerados por algunos autores como fauna nociva.

Rattus norvegicus resiste un amplio rango de temperaturas y es una especie omnívora y buena nadadora. Tiene una subespecie, la rata blanca, que se usa para experimentos de laboratorio. Producen varias camadas y puede llegar a vivir hasta 3 años. Compite exitosamente con otras especies por alimento y espacio. *Rattus rattus*, por su parte, se encuentra bien adaptada a vivir en túneles de ciudades y campo. Tiene la habilidad de escalar por superficies muy diversas y presenta tres tonalidades de pelo: negro, gris y blanco.

Mus musculus, especie con una distribución más amplia que las dos anteriores, tiene una tasa elevada de reproducción y es causa de severos problemas en salud pública, agricultura y en casas habitación, contamina toda clase de sitios y alimentos con heces y orina. Se ha capturado en lugares completamente inhóspitos.

Estas tres especies son hospederos intermediarios de numerosos agentes etiológicos de zoonosis (virus, bacterias, protozoarios, helmintos y artrópodos). (Weber, 1982; Dubinsky *et al.*, 1995). Su presencia en la REPSA representa un serio riesgo para la salud humana y animal, silvestre y doméstica.

Tlacuaches

En general se tiene poca información acerca de los parásitos de la fauna silvestre de México en comparación con la de otros países (Samuel *et al.*, 2001). En este espacio solamente mencionaremos algunos aspectos de los parásitos del tlacuache *Didelphis virginiana*. La gran riqueza de parásitos asociados a esta especie se puede deber a su presencia en el continente por más de 65 millones de años, lo que le ha permitido a los marsupiales adquirir resistencia e inmunidad a diversas especies de agentes patógenos, este mamífero es al mismo tiempo hospedero definitivo, intermediario,

paraténico y reservorio de muchos agentes patógenos. Como la población de este marsupial que se encuentra en la REPSA no ha sido estudiada aún, no se sabe cuántas especies de parásitos comparten con las poblaciones de tlacuaches y otras especies de mamíferos en varias regiones de México.

Discusión

Uno de los mayores problemas que enfrenta la fauna silvestre en la REPSA, además de la destrucción del hábitat, es la presencia de mamíferos introducidos, como los ratones y las ratas sinantrópicos, así como los perros y los gatos. A estas especies se les encuentra habitualmente asociadas a edificios, basureros, expendios de comida y otros lugares de actividad humana. Aunque se sospecha que estas especies pudieran competir con las nativas e incluso depredarlas, su interacción hasta el momento no está bien estudiada.

La falta de limpieza en lugares poco accesibles o visibles y por lo tanto la falta de vigilancia y control de la población humana que visita el *campus* durante los días hábiles y sobre todo los fines de semana y períodos vacacionales, son factores que favorecen el establecimiento de focos de contaminación y que atraen a perros callejeros, que en un momento dado potencialmente se pueden convertir en semiferales o ferales.

Se recomienda el monitoreo y el control de las poblaciones de la fauna feral.

Para el monitoreo se sugiere el uso de collares con radio transmisores, que es un método para determinar a larga distancia, en dónde se encuentran los perros y gatos ferales. De esta manera se podrá establecer qué tipo de comportamiento tienen estos animales.

El estudio del comportamiento de los perros callejeros, los semiferales y los ferales podrían generar conocimientos sobre su biología conductual en comparación con la forma de vida de su ancestro, el lobo.

En el caso de gatos, los collares serían colocados en animales capturados por medio de trampas y posteriormente liberados, con el fin de conocer los sitios más usados como refugio.

Para controlar estas dos especies sería recomendable su captura y su sacrificio posterior.

En general, la fauna feral, la urbanización y las infecciones parasitarias son algunos de los principales factores que contribuyen a la pérdida de biodiversidad de la fauna silvestre (Grifo y Rosenthal, 1997). La influencia directa o indirecta de la población humana sobre la salud de la fauna silvestre ha sido estudiada por numerosos autores, mientras más se reducen las áreas silvestres se favorece la transmisión de agentes patógenos entre los vertebrados silvestres (Holmes, 1996; Suzán-Azpiri *et al.*, 2000). Sin embargo, los ciclos de vida de los parásitos generalmente están bien establecidos en una región determinada, y por lo tanto no es frecuente que un parásito “se mude” de un ambiente dado a otro en donde tendría el riesgo de no poder establecerse. Es importante reconocer que los parásitos forman parte de los ecosistemas (Combes, 1996).

El control de fauna feral y nociva se tiene que hacer observando las leyes correspondientes, como son la Ley de Protección a los Animales del Distrito Federal, el artículo 4, de la Ley Ambiental del Distrito Federal, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General de Vida Silvestre, la Ley Federal de Sanidad Animal, las Normas Ambientales en Materia de Protección a los Animales para el Distrito Federal y, en general, las normas oficiales mexicanas relacionadas con este tema.

Se recomienda realizar un estudio integral con enfoque zoonótico de la fauna silvestre de mamíferos de la REPSA y su posible relación con los parásitos de animales callejeros y con la población humana.

Literatura citada

- ACHA, P. N. Y B. SZYFRES. 1986. Zoonosis y enfermedades transmisibles al hombre y a los animales. 2a. edición. Publicación científica No. 503. Organización Panamericana de la Salud, Washington.
- ALDEN, K. J. 1995. Helminths of the opossum *Didelphis virginiana* in Southern Illinois, with a compilation of all helminths reported from this host in North America. *Journal of Helminthological Society of Washington*, **62**: 197-208.
- ANDERSON, T. C., G. W. FOSTER Y D. J. FORRESTER. 2003. Hookworms of feral cats in Florida. *Veterinary Parasitology*, **115**: 19-24.
- ANDRESIUK, V., N. SARDELLA Y G. DENEGRI. 2007. Seasonal fluctuations in prevalence of dog intestinal parasites in public squares of Mar del Plata city, Argentina and its risk for humans. *Revista Argentina de Microbiología*, **39**: 221-224.
- BEAVER, P. C., R. C. JUNG Y E. W. CUPP. 1984. Clinical parasitology. 9a. edición. Lea & Febiger, Filadelfia.
- CACCIO, S., E. PINTER, R. FANTINI, I. MEZZAROMA Y E. POZIO. 2002. Human infection with *Cryptosporidium felis*: case report and literatura rivew. *Emerging Infectious Diseases*, **8**: 85-86.
- CAÑEDA-GUZMÁN, I. C. 1997. Parásitos de tres especies de marsupiales de la Estación "Los Tuxtlas" y algunas zonas cercanas. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CEBALLOS, G. Y G. OLIVA. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- COMBES, C. 1996. Parasites, biodiversity and ecosystem stability. *Biodiversity and Conservation*, **5**: 953-962.
- COX, F. E. G. 1979. Ecological importance of small mammals as reservoirs of disease. Pp. 213-238, en: Stoddart, D.M. (ed.). *Ecology of small mammals*. John Wiley & Sons, Nueva York.
- CRUZ-REYES, A. Y B. CAMARGO-CAMARGO. 2001. Glosario de términos en parasitología y ciencias afines. Instituto de Biología-Programa Universitario de Investigación en Salud, Universidad Nacional Autónoma de México y Plaza y Valdés, México.
- DUBINSKY, P., K. HAVASIOVÁ-REITEROVÁ, B. PETKO, I. HOVORKA Y O. TOMASOVIČOVÁ. 1995. Role of small mammals in the epidemiology of toxocariasis. *Parasitology*, **110**: 187-193.
- EGUIA-AGUILAR, P., A. CRUZ-REYES Y J. J. MARTÍNEZ-MAYA. 2005. Ecological analysis and description of the intestinal helminths present in dogs in Mexico City. *Veterinary Parasitology*, **127**: 139-146.
- FLORES-BARROETA, L. 1955. Helminths of the dogs *Canis familiaris* and cats *Felis catus* in the City of Mexico. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional*, **8**: 159-202.
- GIANGASPERO, A., F. BERRILLI Y O. BRANDONISIO. 2007. *Giardia* and *Cryptosporidium* and public health: the epidemiological scenario from the Italian perspective. *Parasitology Research*, **101**: 1169-1182.
- GRIFO, F. Y J. ROSENTHAL (eds.). 1997. Biodiversity and Human Health. Island Press, Washington.
- HOLLAND, C., P. O'CONNOR, M. R. H. TAYLOR, G. HUGHES, R. W. A. GIRDWOOD Y H. SMITH. 1991. Families, parks, gardens and Toxocariasis. *Scandinavian Journal of Infectious Diseases*, **23**: 225-231.
- HOLMES, J. C. 1996. Parasites as threats to biodiversity in shrinking ecosystems. *Biodiversity and Conservation*, **5**: 975-983.
- HUGH-JONES, M. E., W. T. HUBBERT Y H. V. HAGSTAND. 1995. Zoonoses recognition, control, and prevention. Iowa State University Press/Amas, Iowa.
- HUNTER, P. R. Y R. C. A. THOMPSON. 2005. The zoonotic transmission of *Giardia* and *Cryptosporidium*. *International Journal for Parasitology*, **35**: 1181-1190.
- MARTÍNEZ-BARBOSA, I., P. A. M. FERNÁNDEZ, T. O. VÁZQUEZ Y H. A. RUIZ. 1998. Frecuencia de *Toxocara canis* en perros y áreas verdes del sur de la ciudad de México, Distrito Federal. *Veterinaria México*, **29**: 239-244.
- MARTÍNEZ-BARBOSA, I., G. L. A. RUIZ, Q. M. GUTIÉRREZ, P. A. M. FERNÁNDEZ Y T. O. VÁSQUEZ. 1997. Frecuencia de hallazgo de huevos de *Toxocara cati* en gatos domésticos de la Ciudad de México y el Estado de México. *Boletín Chileno de Parasitología*, **52**: 12-17.
- MATTER, H. C. Y T. J. DANIELS. 2000. Dog ecology and population biology. Pp. 17-62, en: C. N. L. Macpherson, F.X. Meslin y A.I. Wandeler (eds.). *Dogs, zoonoses and public health*. CABI Publishing, Oxon.
- NEGRETE Y. A. 1991. Los mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica "El Pedregal". Tesis profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- PALMER, C. S., R. C. A. THOMPSON, R. J. TRAUB, R. REES E I. D. ROBERTSON. 2008. National study of the gastroin-

- testinal parasites of dogs and cats in Australia. *Veterinary Parasitology*, **151**: 181-190.
- PATIÑO B. M. C. 1996. Prevalencia de huevos de *Toxocara canis* (Werner, 1782) Johnstone, 1916 en algunos parques públicos de la ciudad de México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RANGEL, M. C. F., J. C. LARA Y A. S. ALUJA. 1981. The canine population of Mexico City: An estimative study. *Animal Regulation Studies*, **3**: 281-290.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. 1984. Diccionario de la Lengua Española. 20ª Edición. Tomo I. Madrid, España.
- RUST, M. K. 2005. Advances in the control of *Ctenocephalides felis* (cat flea) on cats and dogs. *Trends in Parasitology*, **21**: 232-236.
- SAMUEL, W. M., M. J. PYBUS, Y A. A. TOCAN.(eds.). 2001. Parasitic diseases of wild mammals. 2a. edición. Iowa State University Press, Iowa.
- SCHWABE, C. W. 1984. Veterinary medicine and human health, 3a. edición. Williams & Wilkins, Baltimore.
- SOMMERFELT, I. E., N. CARDILLO, C. LÓPEZ, M. RIBICICH, C. GALLO Y A. FRANCO. 2006. Prevalence of *Toxocara cati* and other parasites in cats' faeces collected from the open spaces of public institutions. Buenos Aires, Argentina. *Veterinary Parasitology*, **140**(3-4): 296-301.
- SOULSBY, E. J. L. 1982. Helminths, arthropods and protozoa of domesticated animals. 7a. edición. Lea & Febiger, Filadelfia.
- SUZÁN-AZPIRI, G., F. GALINDO MALDONADO Y G. CEBALLOS-GONZÁLEZ. 2000. La importancia del estudio de enfermedades en la conservación de fauna silvestre. *Veterinaria México*, **31**: 223-230.
- TENTER, A. M., A. R. HECKERROTH Y L. M. WEISS. 2000. *Toxoplasma gondii*: From animals to humans. *International Journal for Parasitology*, **30**: 1217-1258.
- THOMPSON, R. C. A., C. S. PALMER Y R. O'HANDLEY. 2007. The public health and clinical significance of *Giardia* and *Cryptosporidium* in domestic animals. *Veterinary Journal*, **17**: 18-25.
- TRAUB, R. J., I. D. ROBERTSON, P. IRWIN, N. MENCKE Y R. C. A. THOMPSON. 2002. The role of dogs in transmission of gastrointestinal parasites in a remote tea-growing community in Northeastern India. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, **67**: 539-545.
- USDHEW, U. S. Department of Health, Education and Welfare. 1969. Pictorial keys to arthropods, reptiles, birds and mammals of public health significance. Public Health Service Publication No. 1955. Washington.
- WEBER, W. J. 1982. Diseases transmitted by rats and mice. Thomson Publications, Fresno.

Apéndice 1. Lista de parásitos de perros, zorras y gatos que pueden intercambiarse con otros animales, incluyendo el hombre. Basado en Soulsby (1982).

APARATO DIGESTIVO

Protozoarios

Giardia canis
Giardia cati
Tricomonas canistomae
Tricomonas relistomae
Entamoeba histolytica
Hammondia hammondi
Cryptosporidium spp.
Isoospora canis
Isoospora bahiensis
Isoospora burrowsi
Isoospora heydorni
Isoospora ohioensis
Isoospora wallacei
Sarcocystis bertrami
Sarcocystis cruzi

Sarcocystis ovicanis
Sarcocystis muris
Isoospora felis
Besnoitia besnoiti
Besnoitia darlingi
Besnoitia wallacei
Toxoplasma gondii
Hammondia hammondi
Hoosporidium pellerdyi

Tremátodos

Alaria spp.

Céstodos

Mesocestoides corti
Mesocestoides variabilis
Dipylidium caninum
Taenia hydatigena
Taenia pisiformis

Taenia taeniaeformis
Taenia multiceps
Taenia serialis
Echinococcus granulosus

Nemátodos

Toxascaris leonina
Toxocara canis
Toxocara cati
Strongyloides stercoralis
Strongyloides cati
Strongyloides tumefaciens
Ancylostoma caninum
Ancylostoma tubaeforme
Ancylostoma braziliense
Ancylostoma duodenale
Uncinaria stenocephala
Necator americanus
Spirura spp.
Protospirura numidia
Protospirura bestianum
Trichinella spiralis
Trichuris vulpis
Capillaria spp.
Physaloptera canis
Physaloptera felidis
Spirocerca lupi
Spirocerca artica

Acantocephalos

Corynosoma spp.
Macrocanthorhynchus ingens
Oncicola canis

HÍGADO

Protozoarios

Babesia canis
Babesia felis

Tremátodos

Dicrocoelium dendriticum
Concinnum spp.
Clonorchis spp.

Céstodos

Mesogyna hepatica

Nemátodos

Dirofilaria immitis

APARATO UROGENITAL

Protozoarios

Toxoplasma gondii

Nemátodos

Capillaria spp.

APARATO RESPIRATORIO

Nemátodos

Mammomonogamus spp.
Aelurostrongylus spp.

Angiostrongylus vasorum
Filaroides spp.
Perostrongylus pridhami
Perostrongylus falciformis
Broncostrongylus subcrenatus
Vogeloides massinoi
Metathelazia californica
Metathelazia felis
Metathelazia multipapillata
Skrjabinogylus spp.
Pneumospiruria capsulata
Capillaria aerophila
Crenosoma spp.

Artropodos

Linguatula serrata

PIEL Y TEJIDO SUBCUTÁNEO

Nemátodos

Dirofilaria spp.
Artrópodos
Dermatobia hominis (larva)
Cuterebra americana (larva)
Trichodectes canis
Ctenocephalides canis
Ctenocephalides felis
Echidnophaga gallinacea
Otobius megnini
Amblyomma spp.
Ixodes spp.
Boophilus spp.
Rhipicephalus spp.
Haemaphysalis spp.
Rhipicentor spp.
Sarcoptes scabiei
Notoedres cati
Demodex canis

MUSCULOS Y TENDONES

Nemátodos

Trichinella spiralis

SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

Protozoarios

Toxoplasma gondii

CAVIDAD PERITONEAL

Nemátodos

Dipetalonema dracunculoides
Dipetalonema reconditum

Cambios en la estructura de la vegetación derivados de acciones de restauración ecológica en las Zonas de Amortiguamiento Biológicas y Vivero Alto

Jonathan Antonio-Garcés ¹, Maritza Peña ¹, Zenón Cano-Santana ¹, Mauricio Villeda ¹ y Alma Orozco-Segovia ²

¹ Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias

² Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México

jonathantoniog@yahoo.com.mx

"... no podemos ganar la batalla por salvar a las especies y al medio ambiente sin forjar un vínculo emocional entre nosotros y la naturaleza, puesto que no lucharemos por la salvación de algo que no amamos, sino que sólo apreciamos en cierto sentido abstracto."

S. J. Gould, *Some enchanted evening*

Introducción

La restauración ecológica es la serie de actividades encaminadas al restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido como resultado directo o indirecto de las actividades del hombre (SER, 2004). Para llevar a cabo esta actividad es preciso conocer (1) la estructura, composición y funcionamiento preexistentes del ecosistema dañado, (2) la magnitud de la perturbación sufrida, y (3) la biota nativa (Primack y Massardo, 2001; SER, 2004). El éxito de esta actividad depende de varios factores ecológicos y humanos, como son: el grado de alteración de la hidrología, la geomorfología y el suelo, la velocidad de recuperación del ecosistema, la capacidad de éste para continuar su desarrollo sin ayuda, la disponibilidad de recursos humanos y financieros, y la voluntad política de los responsables del ecosistema a restaurar (ver Primack y Massardo, 2001).

El Pedregal de San Ángel o Pedregal del Xitle ha sufrido extensas alteraciones antropogénicas debido a la urbanización y a las presiones que ejercen las siempre

crecientes necesidades de habitación y servicios de sus habitantes (Cano-Santana *et al.*, 2006).

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (en lo sucesivo REPSA o Reserva del Pedregal), en particular, al registrar condiciones más secas (870 mm) que las zonas de las partes más altas del pedregal de Xitle (1100 mm), presenta una baja velocidad sucesional (Cano-Santana y Meave, 1996). También se ha sugerido que esta baja velocidad sucesional se debe a las perturbaciones permanentes asociadas a las actividades de los habitantes de los asentamientos humanos que desde su origen han rodeado al derrame del Xitle (Carrillo, 1995; Cano-Santana y Meave, 1996). En particular, los incendios recurrentes (de origen antropogénico o no) determinan pulsos de retroceso en el proceso sucesional natural. La acumulación de desechos de jardinería, la introducción de eucaliptos y la acumulación de basura inorgánica y cascajo han estimulado el crecimiento masivo del pasto "kikuyo" (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. [Poaceae]) lo cual favorece la incidencia de incendios al acumular gran cantidad de material combustible durante la temporada de secas (Z. Cano-Santana, obs. pers.).

Otro aspecto importante del deterioro del ecosistema de la Reserva del Pedregal es la presencia de al menos tres especies de eucaliptos (*Eucalyptus* spp., principalmente *E. camaldulensis* Dehnh [Myrtaceae]). Espinosa-García (1996) registra que los extractos o lixiviados de hojas, corteza, hojarasca y semillas de varias especies de eucalipto contienen sustancias aleloquímicas capaces

de afectar negativamente a varias especies de plantas, bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrízicos. Él discute que muchas de estas sustancias aleloquímicas son muy solubles en agua y pueden concentrarse en el suelo interfiriendo con la germinación y el crecimiento de varias especies de plantas. El eucalipto se comenzó a plantar en 1951 en Ciudad Universitaria en terrenos que ahora son parte de la actual REPSA (Segura, 1995). La población de eucaliptos creció a una tasa promedio anual de 9.2% durante 33 años, cubriendo una extensión cercana al 8% del área de la Reserva del Pedregal (Segura, 1995). Segura y Meave (2001) demostraron que la riqueza específica de especies nativas en la REPSA es más alta en sitios sin eucaliptos que la encontrada en los sitios afectados por estos árboles, y que la remoción de eucaliptos parece cambiar de manera inmediata el paisaje del sotobosque, pues las coberturas de plantas de especies nativas se incrementaron en mayor proporción al de las plantas arvenses durante la temporada de lluvias.

Un aspecto que puede ser importante para analizar la velocidad de recuperación del ecosistema de la REPSA es a través del análisis de la composición en términos de especies arvenses y exóticas que se registra en las áreas sujetas a acciones de restauración ecológica. De hecho, el control de este tipo de plantas es una actividad muy importante durante el proceso de restauración, buscando acelerar el proceso de sucesión secundaria.

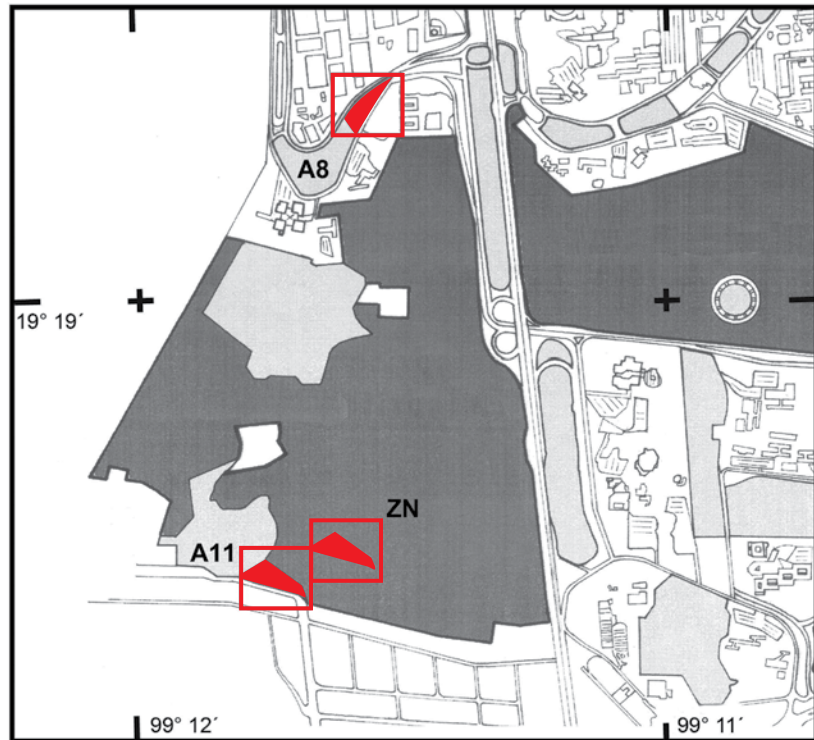
Las plantas que crecen en los campos agrícolas se conocen como plantas arvenses o, más comúnmente, como malezas o malas hierbas. Este último término se refiere al efecto nocivo que algunas de estas especies tienen sobre las plantas cultivadas, ya que pueden reducir el rendimiento en cantidad y calidad causando pérdidas al agricultor (Espinosa-García, 1997). El adjetivo *arvense* sólo significa que la planta crece en forma silvestre en terrenos cultivados sin ninguna connotación respecto a la nocividad o bondad para los agricultores (Espinosa-García, 1997). Las especies de plantas de este tipo corresponden, desde el punto de vista de la ecología de la sucesión, a *plantas pioneras* que arriban primero a un sitio donde están disponibles espacios de colonización para ser ocupados (Morris, 1992). Asimismo, estas espe-

cies de plantas pueden ser catalogadas como especies *oportunistas*, ya que toman ventaja en el interior de las comunidades que han experimentado un disturbio reciente (Morris, 1992). En este trabajo se define como plantas arvenses a aquellas especies silvestres o exóticas oportunistas cuyas poblaciones se desarrollan primordialmente en ambientes sujetos a disturbios antropogénicos que colonizan espacios en las primeras etapas sucesionales, las cuales pueden tener un potencial efecto invasivo o nocivo sobre el ecosistema en el que se encuentran.

Desde 2005 iniciamos una serie de actividades encaminadas a restaurar las áreas deterioradas de la REPSA y a monitorear, a largo plazo, los cambios registrados en la dominancia, composición y diversidad de la comunidad vegetal, así como en la abundancia de artrópodos y vertebrados dominantes en el ecosistema. Desde nuestro punto de vista, la restauración de los ecosistemas terrestres que alberga la REPSA se basa en las siguientes premisas: (1) eliminar la fuente de disturbio, (2) extraer elementos extraños al ecosistema, tales como desechos orgánicos e inorgánicos, (3) recuperar el sustrato basáltico, ya sea por recuperación o por adición, (4) eliminar los elementos vegetales exóticos, sobre todo eucaliptos y pasto kikuyo, y (5) introducir especies vegetales nativas. Los objetivos de estas acciones son: (1) recuperar el sustrato volcánico original y volverlo apto para la colonización de especies nativas, (2) reducir la presencia de especies exóticas y arvenses, (3) reducir el riesgo de incendios, (4) recuperar la diversidad vegetal y el paisaje originales, y (5) restablecer la red trófica del ecosistema.

En este trabajo se reportan los resultados de las actividades de restauración ecológica en la región noreste de la Zona de Amortiguamiento 8 (Biológicas), así como en la región sureste de la Zona de Amortiguamiento 11 (Vivero Alto). En particular, se buscó determinar los cambios en la estructura de la comunidad vegetal en dos áreas durante todo el proceso de implementación de acciones de restauración ecológica. También se reportan los costos que han tenido las labores de restauración en estas zonas.

FIG. 1. Localización de los sitios de estudio en la Reserva del Pedregal.



Materiales y métodos

Sitios de estudio

Este trabajo se llevó a cabo en dos zonas deterioradas de la REPSA, una localizada en la región noreste de la zona A8 y otra en el sureste de la zona A11 (UNAM, 2005) (Fig. 1). Adicionalmente, se seleccionó un sitio en la Zona Núcleo Poniente, adyacente a la zona A11, sujeta a restauración, donde se localizaron dos parcelas, una de 50 × 35 m y otra de 50 × 15 m, con el fin de tener un marco de referencia en la estructura de la comunidad vegetal. El tamaño de las parcelas en la zona núcleo fue seleccionado debido a que la región sureste de la zona A11 tenía esta disposición y tamaño.

La Zona de Amortiguamiento A8

Descripción del sitio y origen del deterioro. La superficie sujeta a restauración en el área de amortiguamiento 8 se ubica al noreste del camellón central de la avenida conocida como Circuito Exterior. Esta área de amor-

tiguamiento está cubierta por vegetación natural y constituye una zona forestada con eucaliptos posiblemente desde la década de 1950, aunque su porción noroccidental estuvo sujeta a un programa de remoción de estos árboles en 1998. El sitio de estudio tiene una superficie de 0.51 ha y ocupa una hondonada que estuvo sujeta desde antes de 1995 a la acumulación de desechos, en su mayoría de jardinería, generados por el manejo que se les da a las canchas de fútbol adyacentes a la zona. Adicionalmente, en esta zona se encuentran promontorios de cascajo en sus bordes y, en su borde norteño, una franja de 3 a 5 m de ancho de pasto kikuyo sembrado sobre un relleno de cascajo, donde se introdujeron algunos eucaliptos. Se detectó una dominancia de cobertura de la planta arvense *Mirabilis jalapa* L. (Nyctaginaceae).

Acciones de restauración. Las acciones de restauración en la zona fueron: (1) el retiro de 183.7 m³ de desechos orgánicos, basura inorgánica y cascajo mediante la implementación de 11 jornadas de limpieza (Tabla 2a) mediante las cuales se recuperaron ca. 70 m² de sustrato basáltico, (2) el retiro de eucaliptos, con la finalidad de

reducir el efecto alelopático y de sombra que produce esta especie exótica sobre la comunidad de plantas, (3) la introducción de 1079 plántulas de 10 especies nativas en 2005 y 2006 y la siembra al voleo de ca. 53,000 semillas de *Muhlenbergia robusta* (E.Fourn.) Hitchc. (Poaceae) (Tabla 1), y (4) control de las poblaciones de *M. jalapa*.

Las "Jornadas de Limpieza de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel" consistieron en organizar actividades de extracción de desechos de jardinería, basura inorgánica y cascajo, así como de control de eucaliptos y extracción de tubérculos de *M. jalapa*, en las cuales participaron, por invitación, estudiantes, profesores y público en general. Estas jornadas se llevaron a cabo desde abril de 2005 hasta abril de 2007. En ellas participaron 345 personas con un esfuerzo de trabajo de 2,070 horas hombre (Tabla 2a).

Previo al retiro de eucaliptos, se hizo un censo de ellos en el sitio de estudio, en el cual se registraron 74 individuos, de los cuales 62 fueron removidos del sitio (83.7% del total) del 11 al 14 de julio de 2005.

Las poblaciones de *M. jalapa* fueron controladas mediante la extracción intensiva de sus tejidos aéreos y subterráneos el 8 de agosto de 2005 y en las jornadas de limpieza de septiembre y noviembre de 2006.

La Zona de Amortiguamiento A11

Sitio de estudio y origen del deterioro. La porción del terreno del área de amortiguamiento 11 se encuentra al sur de la zona núcleo poniente de la Reserva del Pedregal, cubriendo un área 2,250 m². Este sitio está dividido en dos porciones por un camino de terracería, una tiene un área aproximada de 50 × 35 m y la otra, más pequeña, es de 50 × 15 m. Esta zona sufrió, entre noviembre de 2004 y enero de 2005, un gran deterioro por la remoción de toda la cubierta vegetal, la extracción de cantera y el posterior relleno de la zona con tepetate y aplanamiento, con el objeto de construir un estacionamiento que finalmente fue cancelado.

Acciones de restauración. Las acciones previas de recuperación en este sitio, antes de la incursión del grupo de trabajo a la zona fueron los siguientes. Entre el 11 y el 14 de marzo de 2005 se extrajo el material de relleno con maquinaria, con lo que se logró la recupe-

Tabla 1. Número de plántulas introducidas al área de restauración ecológica de la Zona de Amortiguamiento A8 de la Reserva del Pedregal.

Especie	No. plántulas
Primera etapa (ago.-sep., 2005)	
<i>Brickellia veronicifolia</i>	33
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	6
<i>Dahlia coccinea</i>	85
<i>Dodonaea viscosa</i>	60
<i>Eupatorium petiolare</i>	8
<i>Manfreda scabra</i>	93
<i>Muhlenbergia robusta</i>	0
<i>Senecio praecox</i>	94
<i>Verbesina virgata</i>	51
Subtotal primera etapa	430
Segunda etapa (jul., 2006)	
<i>Dahlia coccinea</i>	232
<i>Dodonaea viscosa</i>	192
<i>Manfreda scabra</i>	80
<i>Opuntia tomentosa</i>	80
Subtotal segunda etapa	584
Gran total	1,014

ración de una fracción del sustrato volcánico original. Del 12 al 22 de marzo de 2005 se llevó a cabo la adición de roca basáltica en las zonas donde el sustrato original del Pedregal se encontraba a una profundidad mayor a los 3 m. Esta actividad se llevó a cabo favoreciendo una alta heterogeneidad ambiental, colocando los cantos de 1 m de diámetro o más en la base del terreno, rocas de 50 cm de diámetro por encima y guijarros más pequeños en la parte superior. Lamentablemente, entre los cargamentos de roca basáltica se detectó la presencia de desechos inorgánicos y sustrato no consolidado con evidente presencia de rizomas de pasto kikuyo. Por lo anterior, entre finales de marzo y mediados de abril de 2005, se llevó a cabo una limpieza del área para la eliminación de desechos inorgánicos y la extracción de rizomas. A finales de abril de 2005 aún permanecen bloques de concreto y desechos inorgánicos, así como la presencia de una gran cantidad de pequeños rizomas

de kikuyo. Por lo anterior, las acciones posteriores de restauración se centraron en extraer material no consolidado, rizomas y hojas de pasto kikuyo en crecimiento y otras especies exóticas que colonizaron el área. En esta zona se organizaron cuatro jornadas de limpieza entre octubre de 2006 y mayo de 2007, en las cuales se extrajeron 13.8 m³ de plantas exóticas [kikuyo, ricino (*Ricinus communis* L. [Euphorbiaceae]) y eucalipto (*Eucalyptus* spp.)] y material no consolidado. En las jornadas participaron 53 personas aportando un total de 310 horas hombre (Tabla 2b).

Estructura de la comunidad vegetal

Para determinar los cambios en la estructura de la comunidad vegetal se registró la cobertura de cada especie con el método de intercepción de línea (línea de Canfield; Krebs, 1989), tomando en cuenta simultáneamente los tres estratos de vegetación en las tres zonas de estudio. Desde ahora y por economía las zonas de estudio serán referidas como A8, A11 y ZN.

En A8 se trazó una línea longitudinal de 135 m por el centro del sitio de estudio y cinco líneas transversales separadas de 7 a 20 m de una longitud de entre 32 y 54 m distribuidas por toda la zona. En total se registraron 347 m de línea.

En el sitio A11 y en la ZN se trazaron seis líneas paralelas, tres de 35 m en la parcela de 50 × 35 y tres de 15 m en la parcela de 50 × 15 m.

Se hicieron once muestreos de la cobertura de cada especie en A8 (marzo, julio y diciembre de 2005, marzo, junio, septiembre y noviembre de 2006, y enero, marzo, mayo y julio de 2007), seis en A11 (julio, octubre y diciembre de 2006, y febrero, abril y junio de 2007), y siete registros en la ZN (julio, octubre y noviembre de 2006, y enero, marzo, mayo y julio de 2007).

Se hizo el análisis de la vegetación considerando la cobertura y riqueza de especies. Los datos de riqueza de especies deben ser tomados con reserva, ya que la línea de Canfield no es un método adecuado para estimar la riqueza de especies de los sitios de estudio, pero aquí se muestran como un indicador de recuperación.

Para identificar a las especies arvenses se consideraron a aquellas que fueran catalogadas como tales por al menos tres de cuatro autores: Castillo-Argüero *et al.* (2004), Espinosa-García y Sarukhán (1997), Villaseñor y Espinosa-García (1998) y Rzedowski y Rzedowski (1979, 1985 y 1990; ver referencias en Espinosa-García y Sarukhán, 1997). Para diferenciar a las plantas arvenses nativas de México de las exóticas, en este trabajo se distinguirán a las plantas exóticas en un grupo aparte, a pesar de su carácter arvense. Para ello, se tomó en cuenta el listado de plantas exóticas a la República Mexicana de Villaseñor y Espinosa-García (2004).

Se calculó el índice de similitud de Sørensen (Krebs, 1989) para comparar la composición florística de las tres zonas.

Costos

Los costos para este proyecto fueron calculados con base al salario mínimo de 2005, de acuerdo al Diario Oficial de la Federación. Este análisis no tomó en cuenta la depreciación del uso de equipo y materiales por lo que sólo es una aproximación de los valores reales. En este proyecto, la mayoría de estos servicios fueron subsidiados gracias al apoyo de diversas instituciones de la Universidad Nacional Autónoma de México y a la mano de obra proporcionada por decenas de voluntarios (Tabla 3).

Resultados

Riqueza específica y composición de especies

En la ZN se registraron 50 especies de plantas, de las cuales 42 (84.0%) son no arvenses, seis (12.0%) son arvenses y sólo dos (4.0%) son exóticas (Tabla 4). Por su parte, la zona A8 registró 76 especies, de las cuales 48 (63.2%) son no arvenses, 19 (25.0%) son arvenses y nueve (11.8%) son exóticas; en tanto que A11 registró sólo 39 especies, de las cuales 21 (53.8%) son no arvenses, nueve (23.1%) son arvenses y otras nueve son exóticas (Tabla 4).

El índice de similitud de Sørensen más alto se registró entre las zonas A8 y A11 (0.54) y la ZN presentó mayor similitud con A11 (0.49) que con A8 (0.46).

Tabla 2. Número de asistentes, horas hombre de esfuerzo y material retirado durante la jornadas de limpieza realizadas en la dos zona deterioradas, a) Zona de Amortiguamiento 8, del 23 de abril de 2005 al 28 de abril de 2007, b) Zona de Amortiguamiento 11, del 14 de octubre de 2006 al 26 de mayo de 2007.

a) Zona de Amortiguamiento 8

Jornada	Fecha	No. Asistentes	h hombre	Material Retirado (m³)
1	23/abr/05	76	456	57.73
2	07/may/05	34	204	25.03
3	21/may/05	20	120	21.85
4	27/ago/05	3	18	6.00
5	10/sep/05	56	336	22.07
6	24/sep/05	22	132	12.00
7	20/nov/05	24	144	19.62
8	23/sep/06	20	120	3.8
9	4/nov/06	45	270	10.3
10	17/mar/07	30	180	2.3
11	28/abr/07	15	90	3.0
Total		345	2,070	179.7

b) Zona de Amortiguamiento 11

Jornada	Fecha	No. Asistentes	h hombre	Material Retirado (m³)
1	14/oct/06	30	180	6.2
2	02/dic/06	10	60	3.2
3	14/abr/07	5	30	2.0
4	26/may/07	8	40	2.4
Total		53	310	13.8

Tabla 3. Costos del proyecto de restauración ecológica de las Zonas de Amortiguamiento 8 y 11 de la REPSA.

a) Zona de Amortiguamiento 8

Actividad	Herramientas y materiales	Costo (pesos)	Apoyo Institucional
Retiro de eucaliptos			
	Cuadrilla 1	12,000	D.G.O.C. ¹
	Cuadrilla 2	12,000	D.G.O.C. ¹
	Planta de composta	12,000	D.G.O.C. ¹
Subtotal		36,000	
Retiro de desechos			
	Camión retiro desechos	12,800	D.G.S.G. ²
	Carteles de difusión	2,500	F. Ciencias ³
	Equipo de jardinería	12,000	F. Ciencias ³
	Mano de obra	16,249	Voluntarios
	Viveres	12,000	F. Ciencias ³
	Transporte de material	2,500	F. Ciencias ³
Subtotal		58,049	
TOTAL		94,049	

b) Zona de Amortiguamiento 11

Actividad	Herramientas y materiales	Costo (pesos)	Apoyo Institucional
Retiro de desechos	Camión para retiro de desechos	800	D.G.S.G. ²
	Carteles de difusión	1,800	F. Ciencias ³
	Equipo de jardinería	8,000	F. Ciencias ³
	Mano de obra	1,814	Voluntarios
	Viveres	4,000	F. Ciencias ³
	Transporte material	2,500	
TOTAL		18,914	

¹ Dirección General de Obras y Conservación² Dirección General de Servicios Generales³ Facultad de Ciencias⁴ Instituto de Ecología

Tabla 4. Listado de especies no arvenses (NA), arvenses (A) y exóticas (E) en tres sitios de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Zona Núcleo (ZN), Zona de Amortiguamiento A8 (A8) y Zona de Amortiguamiento A11 (A11), todas ellas registradas entre marzo de 2005 y julio de 2007. Las especies de plantas están ordenadas alfabéticamente de acuerdo con su familia, especie y tipo.

Especie	Familia	Tipo de planta	Sitio		
			A8	A11	ZN
<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck	Agavaceae	NA			x
<i>Manfreda scabra</i> (Ortega) Mc Vaugh	Agavaceae	NA	x	x	x
<i>Iresine cassiniiformis</i> Shauer	Amaranthaceae	NA	x		
<i>Iresine diffusa</i> Humb. et Bonpl. ex Willd.	Amaranthaceae	NA	x		
<i>Arracacia toluensis</i> (Kunth) Hemsl.	Apiaceae	NA			x
<i>Asclepia linaria</i> Cav.	Asclepiadaceae	NA	x		
<i>Metastelma angustifolium</i> Torr.	Asclepiadaceae	NA	x		x
<i>Baccharis serraefolia</i> DC.	Asteraceae	NA	x	x	x
<i>Baccharis sordescens</i> DC.	Asteraceae	NA	x		
<i>Conyza sophiifolia</i> Kunth	Asteraceae	NA	x		
<i>Dahlia coccinea</i> Cav.	Asteraceae	NA	x	x	x
<i>Dahlia pinnata</i> Cav.	Asteraceae	NA			x
<i>Eupatorium adenophorum</i> Spreng	Asteraceae	NA			x
<i>Eupatorium hebebotryum</i> (DC.) Hemsl	Asteraceae	NA		x	
<i>Eupatorium petiolare</i> Moc. et Sessé ex DC.	Asteraceae	NA	x		x
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	Asteraceae	NA	x	x	x
<i>Gnaphalium falcatum</i> Lam	Asteraceae	NA			x
<i>Gnaphalium oxiphellum</i> DC.	Asteraceae	NA		x	
<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	Asteraceae	NA	x	x	
<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	Asteraceae	NA	x		x
<i>Senecio praecox</i> (Cav.) DC.	Asteraceae	NA	x	x	x
<i>Verbesina virgata</i> Cav.	Asteraceae	NA	x	x	x
<i>Begonia gracilis</i> Kunth	Begoniaceae	NA			x
<i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck	Cactaceae	NA	x	x	x
<i>Commelina diffusa</i> Burm. F.	Commelinaceae	NA			x
<i>Gibasis linearis</i> (Benth.) Rohweder	Commelinaceae	NA	x		
<i>Ipomea cristulata</i> Lam.	Covulvaceae	NA	x		
<i>Ipomea hederifolia</i> L.	Covulvaceae	NA	x		x
<i>Ipomea purpurea</i> (L.) Roth	Covulvaceae	NA			x
<i>Echeveria gibbiflora</i> DC.	Crassulaceae	NA	x	x	x
<i>Sedum moranense</i> Kunth	Crassulaceae	NA			x
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Cupressaceae	NA	x		
<i>Cyperus odoratus</i> L.	Cyperaceae	NA	x		
<i>Dioscorea galeottiana</i> Kunth	Dioscoreaceae	NA	x	x	x
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ort.) Sarg.	Fabaceae	NA	x	x	x
<i>Phaseolus pauciflorus</i> Sessé et Moc.	Fabaceae	NA	x		
<i>Phaseolus pluriflorus</i> Mârechal, Mascherpa et Stanier	Fabaceae	NA	x		

Especie	Familia	Tipo de planta	Sitio		
			A8	A11	ZN
<i>Quercus deserticola</i> Trel.	Fabaceae	NA			x
<i>Salvia mexicana</i> Sessé et Moc.	Lamiaceae	NA	x	x	x
<i>Buddleia cordata</i> Kunth	Loganiaceae	NA	x	x	x
<i>Buddleia parviflora</i> Kunth	Loganiaceae	NA	x		
<i>Gaudichaudia cyananchoidea</i> Kunth	Malpighiaceae	NA	x		
<i>Sphaeralcea angustifolia</i> (Cav.) G. Don	Malvaceae	NA	x		
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	Oleaceae	NA	x	x	
<i>Oxalis divergens</i> Benth. ex Lindl.	Oxalidaceae	NA	x		
<i>Passiflora subpeltata</i> Ortega	Passifloraceae	NA	x	x	x
<i>Plumbago pulchella</i> Boiss.	Plumbaginaceae	NA	x		x
<i>Buchloe dactyloides</i> (Nutt.) Engelm.	Poaceae	NA	x		
<i>Muhlenbergia robusta</i> (E. Fourn.) Hitchc.	Poaceae	NA	x	x	x
<i>Paspalum tenellum</i> Willd.	Poaceae	NA	x		
<i>Setaria geniculata</i> (Lam.) P. Beauv.	Poaceae	NA	x		
<i>Sporobolus atrovirens</i> Kunth.	Poaceae	NA	x		
<i>Flevodium areolatum</i> (Humb. Et Bonpl. Ex Willd.) J. Sm.	Polypodiaceae	NA			x
<i>Phlevodium areolatum</i> (Humb. Et Bonpl. Ex Willd.) J. Sm.	Polypodiaceae	NA	x		
<i>Polypodium polypodioides</i> (L.) Watt	Polypodiaceae	NA			x
<i>Polypodium thysanolepis</i> A. Braun ex Klotzsch	Polypodiaceae	NA			x
<i>Adiantum concinnum</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Pteridaceae	NA			x
<i>Cheilantes bonariensis</i> (Willd.) Proctor	Pteridaceae	NA			x
<i>Cheilantes farinosa</i> (Forssk.) Kaulf.	Pteridaceae	NA			x
<i>Cheilantes lendigera</i> (Cav.) Sw.	Pteridaceae	NA			x
<i>Pellaea ovata</i> (Desv.) Weath	Pteridaceae	NA			x
<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Rosaceae	NA	x		
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schlttdl.	Rubiaceae	NA	x		x
<i>Crusea longiflora</i> (Willd. ex Roem. et Schult.) W.R. Anderson	Rubiaceae	NA	x		
<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	Sapindaceae	NA	x	x	x
<i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. Et Greville) Spring	Selaginellaceae	NA			x
<i>Datura stramonium</i> L.	Solanaceae	NA	x		
<i>Jaltomata procumbens</i> (Cav.) J.L. Gentry	Solanaceae	NA	x	x	x
<i>Cissus sicyoides</i> L.	Vitaceae	NA	x	x	x
<i>Dicliptera peduncularis</i> Nees	Acanthaceae	A	x		
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amaranthaceae	A	x		
<i>Bidens odorata</i> Cav.	Asteraceae	A	x		
<i>Bidens serrulata</i> (Poir.) Desf.	Asteraceae	A	x	x	x
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	Asteraceae	A	x		
<i>Conyza coronopifolia</i> Kunth	Asteraceae	A	x		
<i>Tithonia tubaeformis</i> (Jacq.) Cass.	Asteraceae	A		x	
<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	Asteraceae	A	x		
<i>Lepidium sordidum</i> A. Gray	Brassicaceae	A	x	x	
<i>Commelina coelestis</i> Willd.	Commelinaceae	A	x		x

Especie	Familia	Tipo de planta	Sitio		
			A8	A11	ZN
<i>Tinantia erecta</i> (Jacq.) Schelcht	Commelinaceae	A	x		x
<i>Sicyos deppei</i> G. Don	Curcubitaceae	A	x		
<i>Geranium seemannii</i> Peyr.	Geraniaceae	A	x	x	
<i>Wigandia urens</i> (Ruiz et Pav.) Kunth	Hydrophyllaceae	A		x	x
<i>Salvia tiliifolia</i> Vahl	Lamiaceae	A	x	x	
<i>Cuphea aequipetala</i> Cav.	Lythraceae	A	x		
<i>Anoda cristata</i> (L.) Schlttdl.	Malvaceae	A	x		
<i>Sida rhombifolia</i> L.	Malvaceae	A	x		
<i>Mirabilis jalapa</i> L.	Nyctaginaceae	A	x	x	
<i>Phytolacca icosandra</i> L.	Phytolaccaceae	A	x	x	
<i>Bromus carinatus</i> Hook. et Arn.	Poaceae	A	x	x	x
<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand	Polemoniaceae	A			x
<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	E	x		
<i>Picris echioides</i> L.	Asteraceae	E		x	
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae	E	x		
<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	E	x	x	
<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R.Br.	Lamiaceae	E	x		
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh	Myrtaceae	E	x	x	x
<i>Eucalyptus</i> spp.	Myrtaceae	E	x		
<i>Digitaria ternata</i> (A. Rich.) Stapf	Poaceae	E	x	x	
<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	Poaceae	E	x	x	x
<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E. Hubb.	Poaceae	E		x	
<i>Reseda luteola</i> L.	Resedaceae	E	x	x	
<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Solanaceae	E		x	
<i>Tropaeolum majus</i> L.	Tropaeolaceae	E		x	

En general, la riqueza de especies detectada con la línea de Canfield oscila en los tres sitios de estudio, pero en la ZN alcanzó sus valores máximos en julio, mientras que la zona A8 registró sus valores máximos de riqueza específica en diciembre de 2005, en noviembre de 2006 y en julio de 2007 (Fig. 2a). La zona A11 registró sus valores máximos de riqueza específica en diciembre de 2006 y en junio de 2007 (Fig. 2a). Durante casi todo el periodo de estudio la zona A8 registró mayor riqueza total de especies que la ZN y A11, y la ZN registró mayor riqueza que A11.

De septiembre de 2006 a junio de 2007 la ZN registró casi siempre un número mayor de especies de plantas no arvenses que A8 y A11, y A8 tuvo más especies de este tipo que A11 (Fig. 2b). Por otro lado, en el mismo

periodo A8 es el sitio que registra más especies arvenses que A11 y ZN, y A11 mayor número de especies de este tipo que ZN (Fig. 2c). En A11 tanto el número de especies arvenses y no arvenses se incrementa en el año de estudio, y es evidente que ambos tipos de especies incrementan su riqueza de marzo a diciembre de 2005 en A8 (Figs. 2b y c).

Estructura de la comunidad

La remoción de eucaliptos en A8 provocó una disminución inmediata de su cobertura de 48.0 a 3.8%, lo cual estuvo acompañado con aumento de la cobertura relativa de *P. clandestinum* y *Montanoa tomentosa* Cerv. (Asteraceae), *Buddleia cordata* Kunth (Loganiaceae), y otras plantas no arvenses y arvenses (Fig. 3a). Aunque

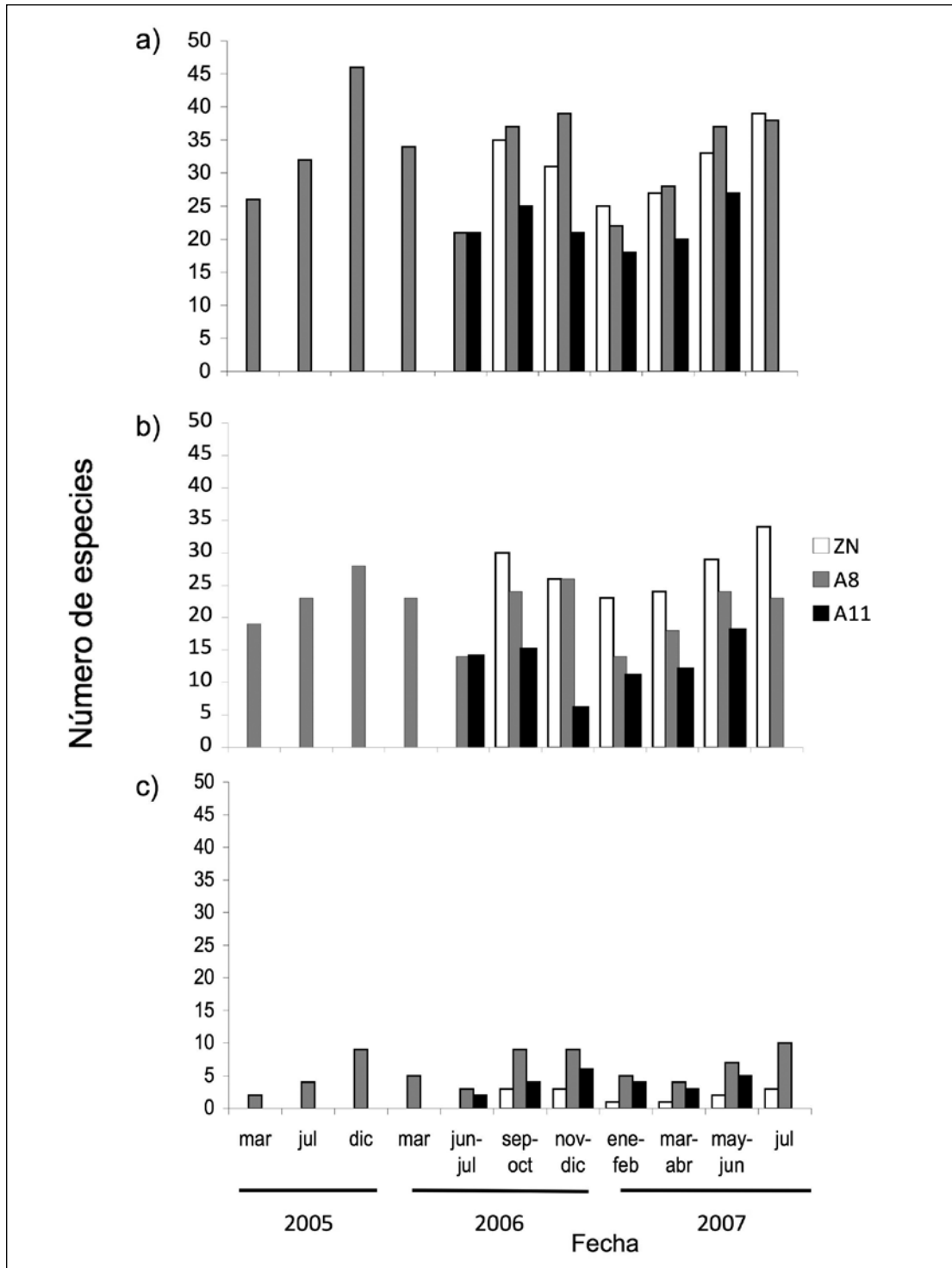


FIG. 2. Patrón de cambio temporal en varios atributos de la comunidad vegetal en una zona conservada localizada en una zona núcleo (ZN) y dos sitios sujetos a restauración ecológica: la Zona de Amortiguamiento 8 (A8) y la Zona de Amortiguamiento 11 (A11) de la Reserva del Pedregal. a) Riqueza específica total. b) Riqueza específica de plantas no arvenses. c) Riqueza específica de plantas arvenses.

la cobertura relativa de *M. tomentosa* aumentó inicialmente hasta alcanzar un alto valor en marzo de 2006, ésta tendió a reducirse posteriormente. Otras especies con una cobertura importante fueron *Schinus molle* L. (Anarcadiaceae) y *Cissus sicyoides* L. (Vitaceae). En este sitio el control de *M. jalapa* logró reducir su cobertura relativa de 6.4% registrado en julio de 2005 a 3.6% en septiembre de 2006.

El sitio A11, a más de 14 meses después de la adición de rocas basálticas muestra un dominancia de *Phytolacca icosandra* L. (Phytolaccaceae), *Eucalyptus* spp. y *P. clandestinum* (Fig. 3b). Las labores de control de ésta última especie se ha reflejado en una disminución de su cobertura en el periodo de estudio, de 29.0 a 23.4%; sin embargo, *Eucalyptus* spp. incrementó su cobertura de 1.5 a 2.7% (Fig 3b). Otras especies que tienen una cobertura importante fueron, en orden decreciente: *B. cordata*, *Nicotiana glauca* Graham (Solanaceae), *Eysenhardtia polystachya* (Ort.) Sarg. (Fabaceae), *Passiflora subpeltata* Ortega (Passifloraceae), *R. communis* y *Verbesina virgata* Cav. (Poaceae)

Por su parte, en la ZN las especies dominantes fueron *Dodonaea viscosa* Jacq. (Sapindaceae), *C. sicyoides*, *M. robusta* y *Senecio praecox* (Cav.) DC. (Asteraceae) (todas no arvenses) (Fig. 3c); sin embargo se mantiene una cobertura de 5.6 a 8.5% de *Eucalyptus* spp., aunque otras especies no arvenses mantienen alta cobertura relativa en todo el periodo de estudio (Fig. 4c).

La cobertura de plantas no arvenses en la ZN se mantiene por encima del 80% variando muy poco durante el periodo de registro, manteniendo baja cobertura de las plantas exóticas (Fig. 4c). La zona A11, por su parte, ha experimentado un incremento en la cobertura relativa de las plantas no arvenses de 26.6 a 40.5% y de arvenses de 4.5 a 9.6%, a costa de las plantas exóticas, cuya cobertura ha disminuido en el periodo de 57.6 a 47.8% (Fig. 4b). Por otro lado, la zona A8 ha experimentado una reducción en la cobertura de plantas exóticas de 73.9 a 33.2 %, lo cual conlleva a un incremento de cobertura sobre todo de especies no arvenses de 25.8 a 48.9%. Las plantas arvenses también experimentaron un incremento de 0.3 a 17.9%, aunque su dominancia muestra variaciones drásticas entre muestreos (Fig. 4a). La zona A8 registró su mayor parecido a la ZN en julio de 2005, justo después de la remoción de eucaliptos, estructura que no ha logrado tener desde entonces (Figs. 4a y c).

Costos

El costo calculado de las acciones de restauración para la zona A8 fue de \$94,049.00 moneda nacional (Tabla 3a). El 38% de los costos fue en concepto de remoción de eucaliptos y el 62% por retiro de desechos. El costo calculado de las acciones de restauración en la zona A11 ha sido de \$18,914 moneda nacional (Tabla 3b).

Discusión

Factores importantes para la restauración ecológica del Pedregal de San Ángel

Los datos mostrados en este trabajo muestran evidencias de recuperación de las zonas sujetas a restauración de las Zonas de Amortiguamiento A8 y A11. Dado que se careció de controles en este ensayo no se puede dilucidar el efecto de cada acción sobre la recuperación del ecosistema; sin embargo, se sugiere que las acciones más importantes para alcanzar los logros descritos fueron el control de las plantas exóticas (sobre todo en la zona A8) y la recuperación del sustrato (sobre todo en A11), sin soslayar la importancia de la extracción de desechos orgánicos e inorgánicos en ambos sitios, según se discute a continuación. La introducción de especies en A8 no tuvo los resultados esperados, ya que de las 430 plántulas introducidas en agosto y septiembre de 2005, sólo sobrevivieron 12 en julio de 2007 y de las 584 plántulas introducidas en julio de 2006, sólo sobrevivieron 60 en julio de 2007 (M. Peña, en prep.). El voleo de semillas de *M. robusta* en una zona donde esta planta estaba ausente logró que la cobertura de esta especie fuera detectada en el muestreo de diciembre de 2005 (189 cm de cobertura).

El papel del control de exóticas y de la recuperación de sustrato

El sitio A8. El factor clave para la restauración del sitio A8 fue la remoción de eucaliptos. Esta remoción promovió un drástico cambio inmediato del paisaje y de las condiciones abióticas del sotobosque, de modo que se logró incrementar la riqueza específica de especies nativas, tal como lo demostraron experimentalmente Segura y Meave (2001). El retiro de eucaliptos propició la reducción drástica (que no su eliminación) de su efecto

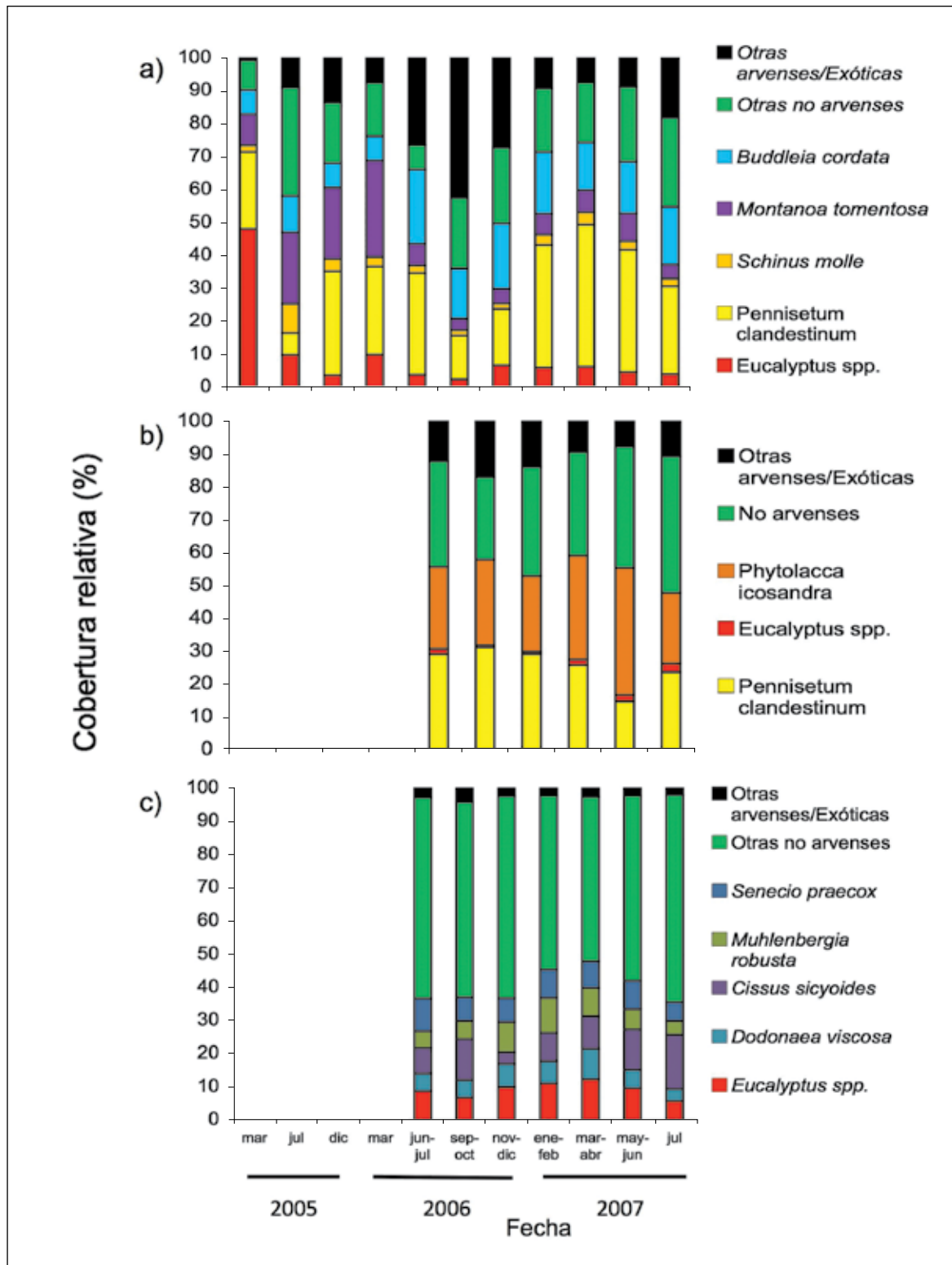


FIG. 3. Patrón de cambio temporal en la cobertura relativa de la comunidad vegetal en dos sitios sujetos a restauración ecológica y una zona conservada de referencia de la Reserva del Pedregal. a) Zona de Amortiguamiento 8. b) Zona de Amortiguamiento 11. c) Zona conservada localizada en una zona núcleo.

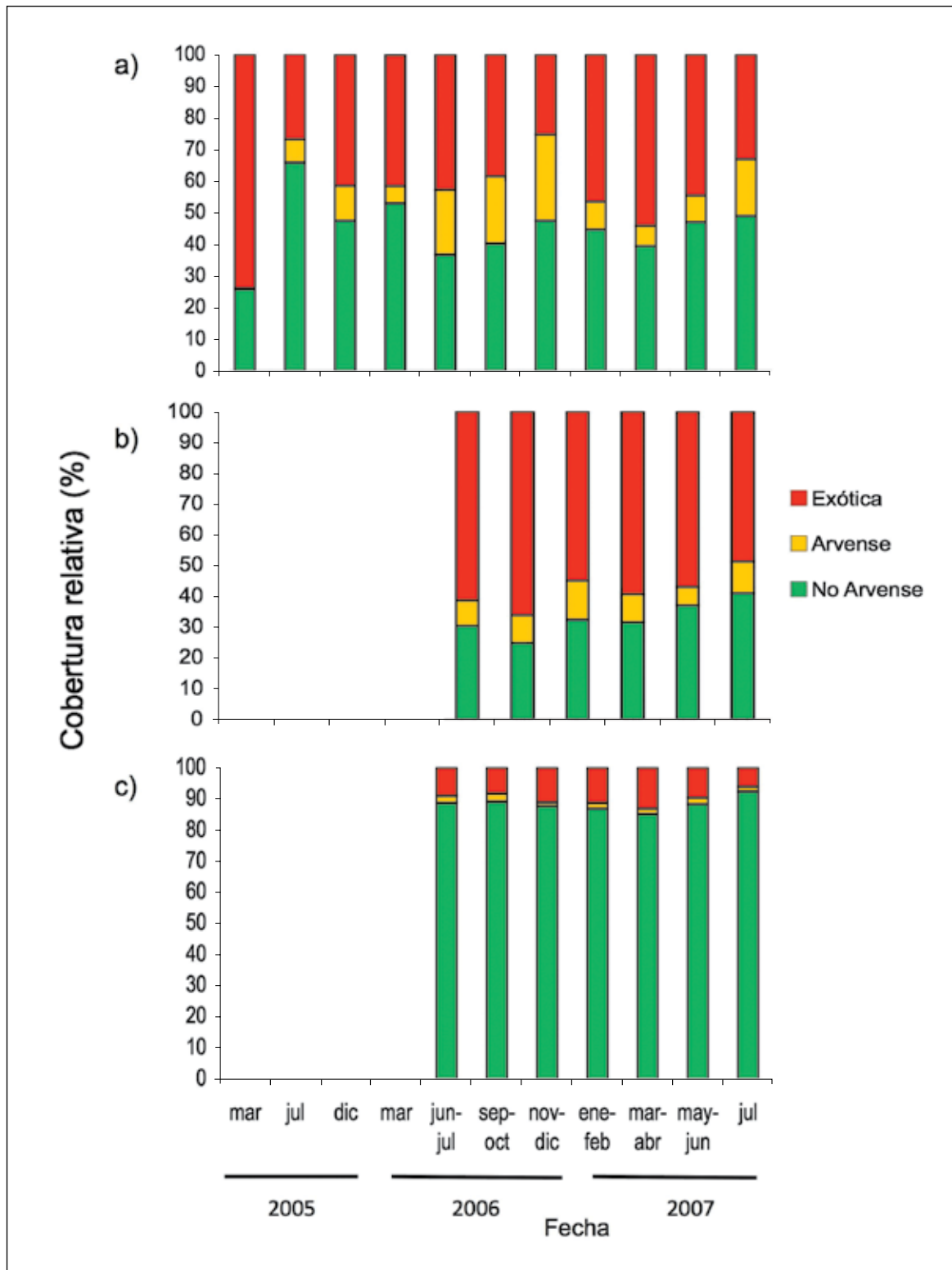


FIG. 4. Patrón de cambio temporal en la cobertura relativa por tipo de plantas en dos sitios sujetos a restauración ecológica y una zona conservada de referencia de la Reserva del Pedregal. a. Zona de Amortiguamiento 8. b. Zona de Amortiguamiento 11. c. Zona conservada localizada en una zona núcleo.

competitivo en términos de disponibilidad de radiación solar, espacio, agua y nutrientes, así como de los efectos tóxicos de sus lixiviados aleloquímicos capaces de afectar negativamente a otras especies de plantas (Espinoza-García, 1996). La reducción de la cobertura de eucaliptos permitió que se abrieran espacios de colonización que favorecieron el desarrollo de especies tanto no arvenses como arvenses (Figs. 3a y 4a). La estructura de la comunidad que tuvo este sitio en diciembre de 2005 en términos del alto número de especies de plantas que se registraron (Fig. 2a), así como del alto número de especies (Fig. 2b) y cobertura relativa de plantas nativas no arvenses (Fig. 4a) puede ser explicado sobre todo por la apertura de espacios de colonización al remover eucaliptos, hecho que no se repitió posteriormente, posiblemente debido a la intensa competencia que se generó provocando la exclusión o reducción de cobertura de ciertas especies.

La comunidad vegetal de este sitio registró una mayor similitud con el sitio A11 que con la ZN, lo cual se debe a que ambos sitios comparten 12 especies de plantas arvenses y exóticas.

La restauración completa de este sitio tardará probablemente más de una década debido a su aislamiento del resto de la Reserva Ecológica, por lo que su recuperación completa dependerá de que (1) se supriman las fuentes de disturbio, (2) se continúe con un programa de control de plantas exóticas y arvenses, (3) se facilite la presencia de un sustrato basáltico por adición (en las zonas cubiertas por cascajo y pasto kikuyo) o por recuperación (extrayendo el material no consolidado que se ha acumulado), (4) se introduzcan plantas juveniles y se siembren semillas de una gran variedad de especies nativas y no arvenses, y (5) se protejan las áreas verdes de vegetación natural que rodean este sitio. Se sugiere que en las zonas donde domine el pasto kikuyo sobre cascajo, se coloque una malla negra para evitar la incidencia de radiación solar y encima de ésta una cubierta de roca basáltica limpia. En este sitio se considera que la recuperación de sustrato basáltico ha tenido un papel secundario pero importante, ya que cada metro cuadrado que se recupera facilita la colonización de plantas nativas, tal como lo ha demostrado la experiencia que se tiene con el área A11.

El sitio A11. El factor clave para la restauración ecológica en el sitio A11 fue la recuperación del sustrato basáltico logrado mediante la extracción del material no consolidado que se añadió para construir el estacionamiento, de modo que se logró recuperar parte del sustrato volcánico original, así como la adición de rocas basálticas en las áreas en las que el basalto estaba a una profundidad mayor a 3 m.

La recuperación de un sustrato basáltico tiene dos objetivos para un ecosistema asentado en pedregales: (1) recuperar el paisaje, y (2) favorecer la colonización de especies de plantas adaptadas a este tipo de sustrato. Este tipo de manejo ha sido adoptado por el Gobierno del Distrito Federal para recuperar algunas áreas verdes urbanas que mantienen sustrato basáltico en el sur de la ciudad de México. Desafortunadamente, en Ciudad Universitaria aún continúa la desastrosa costumbre del personal de jardinería de rellenar las áreas verdes cubiertas por sustrato basáltico y vegetación natural con los desechos de jardinería. Sería muy importante dar una capacitación adecuada a este tipo de personal para evitar estas actividades. Por otro lado, es lamentable que los cargamentos de roca añadidos a la zona A11 estuvieran acompañados por material no consolidado que acarrea propágulos de plantas exóticas (p. ej., rizomas de pasto kikuyo y probablemente semillas de plantas no registradas). Si estas rocas hubieran sido introducidas de manera "limpia", posiblemente las acciones posteriores de restauración no hubieran sido necesarias.

El control posterior de las plantas exóticas en este sitio favoreció el incremento en cobertura de 21 especies no arvenses, como *B. cordata*, *C. sycioides* y *P. subpeltata*, que en conjunto elevaron su dominancia de 26.6 a 40.5%. También se vio favorecida la arvense *P. icosandra*, que resultó ser una planta dominante en estas etapas de sucesión.

Este sitio mantiene una ligera mayor similitud con la ZN (0.49) que la que tiene el área A8 con ZN, esto debido a la cercanía que mantienen entre sí los dos primeros.

El patrón de cambio de cobertura de especies no arvenses ha ido incrementándose en este sitio, así como el número de especies de plantas nativas. La cobertura de plantas no arvenses se ha incrementado a una razón promedio de 1.7% de cobertura por mes y en 36 meses

ha logrado ser colonizada por al menos 30 especies de plantas no arvenses. De este modo, se calcula que si se mantiene el programa de control de plantas exóticas y la extracción de material no consolidado que favorece la presencia de este tipo de plantas, se espera que la estructura de la comunidad se restablezca en menos de cinco años. Esto se espera dado el contacto que tiene esta área con la Zona Núcleo Poniente de la REPSA, lo cual facilita el arribo de propágulos por viento, agua y animales.

Primack y Massardo (2001) sugieren, al igual que este trabajo, que una vez que el agente de daño se remueve o se controla, las comunidades originales pueden restablecerse por procesos de sucesión natural a partir de poblaciones remanentes. En este caso, un agente de daño lo constituyen las especies de plantas arvenses y exóticas que tienen un potencial efecto invasivo y nocivo que afectarían a las plantas nativas del ecosistema del Pedregal.

Costos

Las acciones de restauración ecológica conllevan costos en términos de tiempo, esfuerzo y dinero. Las acciones de restauración llevadas a cabo a la fecha han tenido un costo de \$112,963.00 pesos, pero pudieron ser mantenidas con la participación de más de 200 voluntarios que ofrecieron un esfuerzo acumulado de 2,380 horas. Lo que hace redituable esta actividad a largo plazo es la posibilidad de mantener los servicios ambientales que ofrece un ecosistema a muchas generaciones de seres humanos. Este último aspecto permite sostener que los beneficios que ofrece un ecosistema restaurado a largo plazo siempre serán mayores a los costos que tengan las

acciones de restauración. Este hecho, aunado a que el valor del ecosistema del Pedregal de San Ángel se incrementa conforme se reduce su superficie asociada al cambio de uso de suelo para diversas actividades humanas, sugiere que es adecuado iniciar con labores de restauración en estas zonas de la manera más oportuna posible. Los costos de las acciones de restauración ecológica pueden ser elevados; sin embargo, si se fomenta la participación de instituciones, autoridades y la comunidad universitaria, estos costos pueden ser repartidos entre un mayor número de actores de la sociedad: estudiantes, profesores, trabajadores y autoridades.

El papel de las jornadas de limpieza

Las jornadas de limpieza jugaron dos roles importantes para la restauración ecológica: (1) reducir los elevados costos que requeriría un esfuerzo de esta magnitud para recuperar el ecosistema, y (2) mantener un sentimiento de apropiación del ecosistema con la sociedad. La garantía de la protección de un ecosistema depende de que la comunidad humana lo conozca y lo haga suyo (ver Gould, 1993). Esta apropiación se logra mediante el acercamiento de la comunidad universitaria a su Reserva Ecológica; además, establece lazos sociales entre los actores que participan en la restauración, y sensibiliza a la sociedad para evitar conductas inadecuadas con el medio ambiente (ver Carabias *et al.*, 2008). Además, permite que una mayor cantidad de personas se autoerijan como vigilantes o monitores universitarios de la zona, lo cual incrementa las posibilidades de protección. Es por ello que la educación sobre la historia natural y el valor de los ecosistemas dirigidos a estudiantes permiten una participación más activa de este sector (Bradshaw, 2002).

Agradecimientos

Le agradecemos todos los voluntarios que participaron en las Jornadas de Limpieza de la Reserva su apoyo y entusiasmo desinteresado. A Jessica Villanueva y a Angélica Macías Oliva por su apoyo en la organización de las Jornadas de Limpieza. Al Ing. Martínez Sigüenza y a la Coordinación de Áreas Verdes y Forestación de la Dirección General de Obras y Conservación (UNAM) por su ayuda para la remoción de eucaliptos. A la Dra. Ma. Elena Llarena del Rosario, a la Dirección de Protección Civil (UNAM) y al Dr. Antonio Lot, Secretario Ejecutivo de la REPSA, por el apoyo logístico a las actividades de restauración. Al M. en C. Pedro Eloy Mendoza y al Dr. Jorge Meave por sus valiosas contribuciones para recuperar el sitio de estudio en el área A11. Al Prof. Moisés Roble por su valioso apoyo a la difusión, obtención de insumos y participación en las Jornadas de Limpieza. Este estudio fue financiado por el proyecto PAPIIT-UNAM IN222006, el cual apoyó con becas-tesis a JAG, MP y MV.

Literatura citada

- BRADSHAW, A. D. 2002. Introduction and philosophy. Pp. 3-9, en: Perrow, M. y A. Davy (eds.). Handbook of ecological restoration, vol. 1. Principles of restoration. Cambridge University Press, Cambridge.
- CANO-SANTANA, Z. Y J. MEAVE. 1996. Sucesión primaria en derrames volcánicos: el caso del Xilte. *Ciencias*, **41**: 41-68.
- CANO-SANTANA, Z., I. PISANTY, S. SEGURA, P. MENDOZA-HERNÁNDEZ, R. LEÓN-RICO, J. SOBERÓN, E. TOVAR, E. MARTÍNEZ-ROMERO, L. RUIZ Y A. MARTÍNEZ-BALLESTÉ. 2006. Ecología, conservación restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del pedregal del Xilte. Pp. 203-226, en: Oyama, K. y A. Castillo (eds.). Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México. Siglo xxi y Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CARABIAS, J., J. MEAVE, T. VALVERDE Y Z. CANO-SANTANA. 2009. Ecología y medio ambiente en el siglo XXI. Pearson, México.
- CARRILLO T., C. 1995. El Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTILLO-ARGÜERO, S., G. MONTES-CARTAS, M. A. ROMERO-ROMERO, Y. MARTÍNEZ-OREA, P. GUADARRAMA-CHÁVEZ, I. SÁNCHEZ-GALLÉN Y O. NÚÑEZ-CASTILLO. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **74**: 51-75.
- ESPINOSA-GARCÍA, F. 1996. Revisión sobre la alelopatía de *Eucalyptus* L'Herit. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **58**: 55-74.
- ESPINOSA-GARCÍA, F Y J. SARUKHÁN. 1997. Manual de malezas del Valle de México. Ediciones Científicas Universitarias. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica, México.
- GOULD, S. J. 1993. Un atardecer desencantado. Pp. 22-37, en: Ocho Cerditos. Crítica, Barcelona.
- KREBS, C.J. 1989. Ecological methodology. Harper & Row, Nueva York.
- MORRIS, C. (ED.). 1992. Academic press dictionary OS science and technology. Academic Press, San Diego.
- PRIMACK, R. Y F. MASSARDO. 2001. Restauración ecológica. Pp. 559-582, en: Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo (eds.). Fundamentos de conservación biológica: Perspectivas latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica, México.
- SEGURA, S. 1995. Estudio poblacional de *Eucalyptus resinifera* Smith. (Myrtaceae) en la reserva ecológica de El Pedregal de San Ángel, C.U., México, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- SEGURA, S. Y J. MEAVE. 2001. Effect of the removal of the exotic *Eucalyptus resinifera* on the floristic composition of a protected xerophytic shrubland in Southern México City. Pp. 319-330, en: Brundu, G., J. Brock, I. Camarda, L. Child y M. Wade (eds.). Plant invasions: species ecology and ecosystem management. Backhuys Publishers, Leiden, Holanda.
- SER, SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. Grupo de trabajo sobre ciencias políticas. En: www.ser.org.
- UNAM, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. 2005. Acuerdo por el que se rezonefica, delimita e incrementa la Zona de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. *Gaceta UNAM*, 2 de junio de 2005: 20-21.
- VILLASEÑOR, J. Y F. ESPINOSA-GARCÍA. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura Económica, México.
- VILLASEÑOR, J. Y F. ESPINOSA-GARCÍA. 2004. The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and Distributions*, **10**: 113-123.

Conservación y propagación de orquídeas

María del Pilar Ortega-Larrocea¹, Alejandro Martínez Palacios² y Víctor M. Chávez Avila³

¹Departamento de Edafología, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (IIAF-UMSNH).

³Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

mpol@geologia.unam.mx

Introducción

Como se ha documentado extensamente, el Pedregal ha sido escenario para el desarrollo y establecimiento de una flora y fauna característica y única, fuente de innumerables recolectas para educación e investigación. Las orquídeas, como uno de los grupos de plantas de más reciente evolución, mayor distribución y abundancia en el mundo, están bien representadas en México (Soto-Arenas *et al.*, 2007) y en este ecosistema, considerado como un refugio de la orquideoflora del Valle de México (Soto, 1983; Téllez, 2002). Las orquídeas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) han sido fuente de inspiración para la elaboración de varios trabajos de investigación y de tesis a nivel licenciatura y posgrado, los cuales han documentado diferentes aspectos sobre su biología. Entre estas contribuciones, destacan los listados taxonómicos en los que, si bien el número de especies incluido en éstos no ha sido consensuado (Téllez *et al.*, 2007), de alguna manera dan un aproximado de la gran representación de las orquídeas terrestres en este hábitat (Rzedowski, 1954; Diego, 1970; Castillo-Argüero *et al.*, 2004; Salazar en este libro, por citar algunos). Algunas de estas especies es casi seguro que han desaparecido (Hágsater *et al.*, 2005); otras desde su descubrimiento fueron catalogadas como amenazadas e incluso endémicas por su distribución limitada a este fragmentado hábitat. Tal es el caso de *Bletia urbana* Dressler (Dressler, 1968; Navarro, 1977; Rzedowski, 1979; Vovides, 1981; IUCN, 1985; Alvarez-Sánchez *et al.*, 1986; Soto-Arenas, 1996; SEMARNAT, 2002) que posteriormente se ha indicado que tiene una

distribución más amplia (Sosa, 1992; Reyes, 1993; Flores-Villanueva, 2006) (Fig. 1A). Sobre otras especies, quizá más vulnerables o ya desaparecidas en la REPSA, poco o nada se ha legislado y es pertinente destacar la falta de estudios sistemáticos sobre demografía y ecología de este grupo (Sarmiento, 1995).



Fig. 1. A) *Bletia urbana* (Dressler). B) Cultivo in vitro de *B. urbana* por 8 años.

Las razones principales se deben a que por la dificultad de su topografía se reduce la posibilidad de recorrer y observar dos veces un mismo camino cuando se realiza trabajo de campo, aún cuando su tamaño es pequeño comparado con otros parques naturales protegidos. Algunos recovecos han quedado todavía inexplorados, dando lugar al descubrimiento de nuevos registros en fechas recientes (Flores-Villanueva, 2006), como el caso de *Malaxis xerophila* G.A. Salazar & L.I. Cabrera, (Notimex, 2004), que fue encontrada por Mónica Rangel y Pilar Ortega en agosto del 2003. Por otro lado, está el hecho de que las orquídeas son un grupo taxonómi-

camente complejo y con cambios constantes (Salazar *et al.*, 2003, Schuiteman y de Vogel, 2003), por lo que la identificación de las plantas por personas no especializadas puede llevar a una determinación incorrecta, nomenclatura en desuso o sinonimias, generando listados actuales poco precisos para esta familia (Rojo y Rodríguez, 2003; Castillo-Argüero *et al.*, 2007). La identificación de las especies en campo se dificulta por la frecuencia de aparición de las estructuras epigeas, que en algunas especies no siempre es anual, por lo que es probable que muchas no sean observadas con regularidad y dependan en extremo de las condiciones climáticas del año de estudio (Téllez, 2002; Hágsater *et al.*, 2005; Flores-Villanueva, 2006). Todo esto conlleva a dificultades en la adquisición y registro certero de germoplasma para su conservación.

Estrategias de conservación *in situ* y *ex situ*

En el campo de la conservación de un hábitat o de un grupo de organismos, como primera instancia, es necesario tener un registro de la diversidad amenazada que se pretende conservar. En segundo lugar, la preservación del hábitat natural, a través de las reservas ecológicas, es la vía más adecuada para conservar a una o varias especies en peligro de extinción, ya que a través de esta medida se permite una interacción estrecha entre las plantas y su entorno para que continúen evolucionando en el ecosistema (Barrett y Kohn, 1991; Tremblay y Hutchings, 2003). La conservación de cualquier especie permitirá también la preservación de las interrelaciones con otros organismos. Las orquídeas, han sido de los grupos más estudiados y documentados en relación a la versatilidad y complejidad de interacciones que establecen con una multitud de otros seres vivos, como polinizadores altamente especializados y hongos micorrízicos. Sin embargo, esto no significa, desde luego, que conservar un grupo de especies como las orquídeas sea suficiente para poder mantener un hábitat (Newman *et al.*, 2007; Farrington *et al.*, 2007). En contraparte, la gran diversidad de asociaciones que establecen estas plantas las hace difíciles de estudiar por los muchos factores que pueden estar regulando su distribución y demografía en un ecosistema (Whigham y Willems, 2003; Fay *et al.*, 2007; Gowland *et al.*, 2007). Para establecer protocolos exitosos de conservación se requiere de estudios más amplios en donde se incluyan aspectos taxonómicos,

poblacionales, de interacciones, ambientales, etc. (Light *et al.*, 2003). Al respecto, se ha generado muy poca información en México y menos aún en la REPSA, siendo un hecho el que la velocidad de desaparición de orquídeas o deterioro de los hábitats supera en gran medida, al tiempo en el que se logrará generar información suficiente sobre su biología.

Queda claro que la vía más adecuada para la preservación de la flora es la conservación *in situ* en su ambiente natural (Elias, 1986; Barrett y Kohn, 1991). Sin embargo, en los casos en los que ya no es posible realizar el rescate del área natural, cuando la velocidad de deterioro del hábitat por diversos factores antropogénicos es alta o cuando las poblaciones de una especie amenazada se han reducido drásticamente y se encuentran al borde de la extinción, los métodos de conservación *ex situ* pueden ser una alternativa viable o el último recurso para evitar la extinción definitiva (Seaton y Pritchard, 2003; Zelenko, 2007). Estos pueden ser muy diversos en cuanto a la forma y a la efectividad, siendo necesario utilizar todos los sistemas que permitan conservar la mayor diversidad genética posible (Frankel y Soulé, 1981). La conservación del matorral xerófilo preservado en la REPSA ha pasado por una fragilidad de supervivencia en varios periodos y se agudiza su existencia a cada paso, ya que ha estado sujeta a innumerables procesos degradativos. Año con año se va deteriorando este hábitat, a tal grado que la vegetación nativa únicamente estará documentada en herbarios y libros si no se valora la importancia de la Reserva en su conjunto. De este modo, es urgente establecer protocolos de conservación inmediata, paralelos al mantenimiento del hábitat, a través de varias vías de preservación de germoplasma (Ramsay y Dixon, 2003). Los bancos de germoplasma constan de muy diversas modalidades y en general se simplifican en:

- (a) la preservación de semillas a baja humedad y temperatura;
- (b) la conservación de plantas en vivero e invernadero y
- (c) la preservación de células, tejidos, órganos y/o plantas bajo cultivos *in vitro* y en nitrógeno líquido.

La preservación de especies con semillas ortodoxas como lo son la mayoría de las orquídeas, es viable y puede garantizar su almacenamiento por periodos mayores de 20 años (Arditti, 1993; Seaton y Pritchard, 2003, Pritchard, 2004). Aunque las semillas de estas plantas son consideradas entre las más simples por

estar constituidas por un embrión sin endospermos y cubierto por una o dos capas de células, pueden sobrevivir si se les sujeta inclusive a temperaturas ultrabajas de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Pritchard *et al.*, 1999). Se cuenta con una escasa documentación acerca de los periodos de viabilidad de la mayor parte de las orquídeas terrestres de la REPSA; sin embargo para algunas especies de gran valor biológico por su alto grado de amenaza como *Bletia urbana*, los registros de su viabilidad en periodos prolongados de conservación son prometedores. Después de dos décadas de almacenamiento a $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y bajo condiciones de humedad relativa cercanas al 10 %, las semillas logran germinar entre 60 y 100 % a los 5-6 días en un medio de cultivo específico (Castillo, 2002; Martínez-Palacios *et al.*, 2007). Otros estudios han permitido constatar la viabilidad de semillas recién recolectadas o después de un corto periodo de almacenamiento (menor a 5 años) en especies de la REPSA como *Bletia campanulata* Llave & Lex, *Bletia sp.*, *Dichromanthus aurantiacus* (Lex.) Salazar & Soto Arenas, *Dichromanthus cinnabarinus* La llave & Lexarza, *Habenaria novemfida* Lindl. (H. diffusa Rich. & Gal.), *Malaxis myurus* Kuntze (*Microstylis myurus* Reichb. F.) (Rangel, 2004; Rangel y Ortega-Larrocea, 2007) y recientemente *Govenia superba* Lind. (Ortega-Larrocea, com. pers.).

Sin embargo para muchas especies de orquídeas, el almacenamiento por periodos mayores a dos años o más prolongados, no es una alternativa de resguardo al existir semillas que pierden su viabilidad días después de la dehiscencia (Seaton y Pritchard, 2003). Ante esta situación, existen otras alternativas como la conservación de plantas a través de colecciones vivas bajo condiciones semi-controladas en invernaderos, viveros y orquidarios; alternativa que también puede considerarse para las especies no recalcitrantes. Tales sistemas artificiales de conservación de colecciones vivas siempre deben darse al resguardo de Instituciones comprometidas y especializadas como Jardines Botánicos y centros de investigación y ser manejadas bajo programas especiales, aplicando medidas eficientes de horticultura para mantener colecciones (Elias, 1986; Nash *et al.*, 2003, Garduño *et al.*, 2007). Los jardines botánicos durante muchos años han sido los mayores centros para el mantenimiento y estudio científico de la riqueza florística (IUCN, 1987). Estos han constituido islas artificiales que resguardan una parte de la diversidad florística para la conservación de la variabilidad genética y se han convertido en las vitri-

nas del mundo con más de 1400 en distintas regiones (Villa-Lobos, 1988). Los Jardines Botánicos establecidos *in situ*, como el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM, son la alternativa idónea para las especies de la REPSA, debido a que por su ubicación permiten la interacción de las plantas nativas con los organismos de su entorno natural (micorrizas, polinizadores, etc.) y bajo las mismas condiciones climáticas. En el Jardín Botánico del IB-UNAM se tiene un resguardo importante de varias especies de orquídeas de la REPSA (Téllez-Velasco, 2007).

Además, a partir de las plantas generadas por la germinación de semillas *ex situ*, se pueden establecer sistemas de propagación asexual que pueden generar posteriormente bancos de propágulos (Fig. 1B). Con dichos bancos se pueden establecer otras colecciones de plantas en Instituciones de Investigación externas o pueden ser utilizadas en diversos experimentos bajo condiciones controladas. Por ejemplo, una colección de plantas de *Bletia urbana* derivadas de la germinación *in vitro* y mantenida por 5 años en terrarios de cristal, han sido utilizadas para evaluar su respuesta al adicionar sustratos a rocas basálticas tratando de igualar las condiciones de escases de suelo (Guillén *et al.*, 2007; Fig. 1C-D). Estas plantas han reproducido los ciclos que se llevan a cabo en la naturaleza, donde a principios de la primavera de los cormos nuevos surgen brotes que crecen a partir de la colonia (Fig. 1E).



Fig. 1. C-D) Conservación *ex situ* de plantas germinadas en el laboratorio y mantenidas por cinco años en condiciones de invernadero.

E) Múltiples brotes en segmento basal de protocormo.

El resguardo genético de orquídeas amenazadas mediante bancos de semillas o colecciones vivas a veces no es posible de lograr cuando no se cuenta con suficiente material de campo (cápsulas) o en las colecciones. Por tanto, se hace necesario recurrir a otras técnicas de reproducción vegetativa como el cultivo de tejidos, que es una herramienta biotecnológica de propagación común en especies hortícolas (Ford-Lloyd y Jackson, 1986) y que puede aplicarse a especies silvestres (Ramsay y Dixon, 2003). El cultivo *in vitro* tiene un gran potencial regenerativo y por tanto de propagación y es altamente prometedor para el rescate de especies (Rubluo, 1994; Ortega-Larrocea *et al.*, 1997). Sus limitaciones radican en que el establecimiento de las plantas bajo condiciones ideales requiere de instalaciones especializadas y su mantenimiento *in vitro* necesita de tres o más subcultivos por año, con el consecuente requerimiento de espacio en cámaras de incubación con condiciones de iluminación y temperatura controladas. Estas limitaciones se pueden contrarrestar con el uso de reguladores (v.g. ácido abscísico o compuestos con efecto osmótico) o condiciones de estrés (v.g. descenso de temperatura), que solos o combinados minimizan o retrasan el crecimiento vegetal y permiten prolongar los subcultivos por más de 10 periodos.

La preservación en nitrógeno líquido o *criopreservación* podría llegar a ser uno de los sistemas más eficientes para conservar germoplasma. La temperatura que se alcanza (-196° C) detiene toda acción metabólica permitiendo la preservación fisiológica para almacenar sólo células de potencial embriogénico o tejidos como meristemas, de los cuales se pueden regenerar genotipos idénticos al donador (Kartha, 1981, 1982). Sin embargo esta técnica dista aún de ser aplicada para la conservación por un periodo prolongado de tiempo ya que la viabilidad de las células y tejidos disminuyen considerablemente (Yamada *et al.*, 1991).

Cultivo *in vitro*: germinación simbiótica, asimbiótica y cultivo de tejidos.

Las orquídeas desatacan en muy diversos aspectos siendo la germinación uno de ellos. Los embriones, albergados en semillas diminutas carecen de endospermo que les permita garantizar una germinación autónoma sostenida por este recurso (Fig. 1F, H). El desarrollo de las orquídeas durante la germinación no ocurre como en el resto de las demás angiospermas (radícula-tallo-hoja) y pasan por una serie de estadios llamados protocormos (Fig. 2A-C). Inician con formas esféricas a periformes a partir de las cuales se desarrollan primero los ápices foliares y posteriormente las raíces, hasta alcanzar el estadio de plántula (Zettler y McInnis, 1993). Los frutos de las orquídeas llamados cápsulas fueron considerados infértiles hasta finales del siglo antepasado (Fig. 1G, I). Se pensaba que los millones de semillas que producían eran vanas, dado su tamaño diminuto y a la dificultad de observar plántulas en campo. A principios del siglo XX, el francés Claude Bernard (1904) descubrió que alrededor de las plantas adultas crecían brotes diminutos (los protocormos), cuyos tejidos al observarse al microscopio estaban completamente infestados de hongos al igual que



Fig. 2. A) Semillas en germinación asimbiótica de *Dichromantus aurantiacus*. B) Semillas en germinación y protocormos asimbióticos de *Bletia urbana* distintas fases. C) Protocormo simbiótico con primordio de hoja y rizoides.



Fig. 1. F-G) Semillas y cápsula de *B. urbana*. H-I) Semillas y cápsula de *Dichromantus aurantiacus*.

sus raíces (Fig. 2D). Esta observación permitió comprender que estos organismos requieren de la mediación de una simbiosis para poder desarrollarse. Bajo este principio, la germinación simbiótica se empezó a utilizar por los cultivadores de orquídeas, ya sea mediante el uso de sustratos donde crecían las plantas adultas (p. ej. musgo) o caldos nutritivos con extractos de raíces. Meses después de su manipulación, en dichos sustratos era posible observar el surgimiento de las plantas, las cuales están listas para su trasplante y cultivo individual. La germinación simbiótica de orquídeas de la REPSA ha demostrado ser altamente efectiva en la propagación de especies como *Bletia urbana*, *B. campanulata*, *Dichromanthus aurantiacus*, *D. cinnabarinus* y *Habenaria novemfida* (Rangel, 2004; Fig. 2E). La adición del endófito adecuado a las semillas durante su germinación reduce significativamente el tiempo en que se desarrollan las plántulas en un medio que consiste únicamente de agar y unos gramos de avena comercial (Fig. 2F-G)(Ortega-Larrocea y González, 2008). La simbiosis genera plantas más vigorosas que sobreviven mejor la aclimatación *ex vitro* (Castillo, 2002; Ortega-Larrocea *et al.*, 2005). La germinación simbiótica, sin embargo, requiere de conocimiento especializado sobre el manejo de los endófitos adecuados para que sea altamente efectiva (Rasmussen, 1995; Ortega-Larrocea, 2008). En términos prácticos, los resultados han sido prometedores en aquellas especies difíciles de germinar sin su hongo micorrízico. Sin embargo en lo relativo a la producción de orquídeas a escala comercial, una de las limitantes más fuertes de esta técnica es el hecho de que la producción de un solo inoculante para la propagación de diversas especies, no es igualmente efectivo para todas éstas.

La producción masiva de orquídeas se logró de manera no simbiótica en el primer cuarto del siglo pasado con los trabajos desarrollados por el fisiólogo americano Lewis Knudson (1922), quien demostró que el contenido de los caldos de Bernard podía ser sustituido por un aporte externo de carbohidratos para llevar a cabo la germinación. La inducción de la germinación asimbiótica o no mediada por hongos, tuvo mayores alcances y repercusiones en la propagación de estas plantas y disparó desde su inicio, el desarrollo de la industria de la orquídea y de la producción de un sin fin de híbridos en muy diversos medios (Knudson, 1946; Arditti, 1992). Raven (1976) y Wochok (1981) destacan como las primeras referencias en donde se documenta el uso

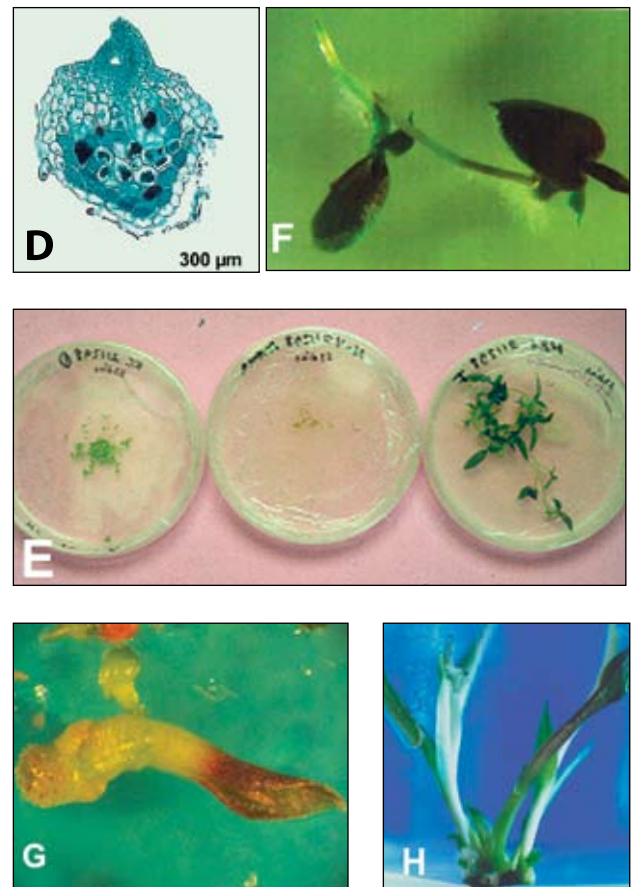


Fig. 2. D) Histología del desarrollo simbiótico, protocormo invadido por el hongo en su parte basal. E) Comparación del desarrollo asimbiótico en un medio con carbohidrato, sin carbohidratos y sin carbohidratos pero con el hongo micorrízico a partir de germoplasma almacenado por 14 años. F) Plántulas simbióticas a los 28 días. G) Protocormo asimbiótico con inicio de lámina foliar a los 60 días. H) Múltiples brotes en segmento basal de protocormo.

de la micropropagación como una herramienta para recuperar especies en vías de extinción. A partir de entonces, se desprende el cultivo de orquídeas mediado por técnicas más rigurosas y distintas a la multiplicación vegetativa en viveros, las cuales han permitido propagar especies recalcitrantes mediante explantes meristemáticos de flores, tallos, etc. de plantas adultas a través de diversas vías de regeneración morfogénica.

El cultivo de tejidos vegetales es una potente herramienta en la micropropagación de especies o genotipos y se puede llevar a gran escala para abastecer la demanda comercial (Wochok, 1981). Un ejemplo de esto es la clonación de plantas donde no se requiere específica-

mente la preservación de una gran diversidad genética y se pueden apuntar protocolos de masificación de genotipos selectos con alto valor ornamental. La inducción de PLBs (*protocorm like bodies*) puede cuatuplicar la regeneración vegetativa en un tiempo de cultivo corto, obteniendo más de 1 millón de plantas en un lapso menor a un año (Arditti, 1977).

En México, uno de los primeros trabajos en aplicar las técnicas de germinación *in vitro* y cultivo de tejidos en la conservación de orquídeas en peligro de extinción y de una especie de la REPSA, se gestó desde inicios de 1980 con *Bletia urbana* (Chávez, 1980). Chávez realizó un estudio detallado en el que documentó sistemáticamente por vez primera a las semillas, su abundancia, forma, tamaño, germinación y generación de protocormos en un medio de cultivo. Posteriormente, Martínez-Palacios (1985 y 1991) estableció un medio de cultivo óptimo para lograr la germinación de forma sincronizada, bajo condiciones de luz y fotoperiodo específicos. La brotación múltiple de esta especie se consiguió de manera directa, sin pasar por la formación de callo que generalmente les anteceden, lo cual garantiza su estabilidad genética (George, 1993). El cultivo de secciones de protocormos de esta especie a partir de explantes apical y basal en contacto con un medio modificado con hormonas indujo la formación de brotes (Rubluo *et al.*, 1993; Fig. 2H).

Aunque a los reguladores del crecimiento no se les cataloga como inductores de mutaciones, los cultivos cuya inducción morfogénica es constante por su uso en altas concentraciones, pueden derivar en malformaciones genéticas debido al elevado proceso de mitosis continua al que se sujeta a un tejido (George, 1993). Por lo cual, el uso de la clonación a baja escala y el no aplicar subcultivos a medios inductores para generar multiplicación masiva de plantas, puede permitir mantener una mayor estabilidad de los genotipos (Martínez-Palacios *et al.*, 2003).

Aclimatización, floración y reintroducción de plantas micropropagadas

La regeneración de orquídeas por cualquiera de las vías anteriormente descritas es un logro importante en la conservación de germoplasma, llámese semillas o material vegetativo (v.g. brotes y/o meristemas). Sin embargo, las plantas no pueden permanecer *in vitro* indefinidamente, por lo que cualesquiera que sean los fines

de su manejo, el paso a condiciones *ex vitro*, llamado aclimatización o endurecimiento, puede ser la parte crítica en la recuperación de plantas (Ramsay y Dixon, 2003). Las plantas bajo cultivo *in vitro* desarrollan una nutrición heterótrofa, predominando la adquisición de carbohidratos de manera directa en el medio de cultivo y limitando al mínimo el proceso fotosintético, el cual además no es inducido debido a la baja intensidad luminosa que predomina en las condiciones de incubación. Las plantas dentro de los frascos se mantienen en condiciones de alta humedad relativa (>90 %) y asepsia absoluta, lo que produce estomas poco funcionales (Ziv *et al.*, 1987) y láminas foliares sin un recubrimiento ceroso que permita regular la elevada evapotranspiración cuando son sujetas al ambiente natural (Sutter, 1988). Al ser transplantadas en sustratos en condiciones de invernadero o campo, su nutrición pasa a ser estrictamente autótrofa y están expuestas a mayor intensidad lumínica, a cambios en la humedad y al ataque de patógenos (George, 1993). Cuando en estas condiciones se alcanzan tasas de supervivencia mayores a las de los cultivos, puede considerarse que se ha logrado establecer las condiciones fisiocquímicas de aclimatización y desarrollo, por lo que los individuos producidos en invernadero están listos para su reintroducción en campo; como fue determinado para *Bletia urbana* y otras orquídeas mexicanas (Martínez-Palacios, 1991; Rubluo *et al.* 1989; 1993; Castillo, 2002).

La inducción *in vitro* de flores es otras de las líneas de investigación poco exploradas y de muy alto potencial comercial en orquídeas. Esta línea ha resultado ser muy atractiva y en el caso de *Bletia urbana* se pudo establecer su protocolo recientemente (Guillén, 2003). En esta especie se logró la floración a partir de tejidos inmaduros, protocormos de 3-4 semanas de edad, sujetos a diferentes concentraciones de hormonas y fotoperiodos. La interacción de ambos factores permitió la floración en más de un 60 % de los protocormos (Guillén *et al.*, 2007; Fig. 2 I). Los resultados son de suma importancia por el aporte en la fisiología de este proceso ya que existen pocos trabajos sobre los disparadores de la floración *in vitro* (Sim *et al.*, 2007).

Como se estableció previamente, la reintroducción de germoplasma propagado por cualquiera de las técnicas descritas anteriormente, es otra de las vías de conservación que utilizan alternativas *ex situ*. En regiones donde existen asentamientos humanos es necesario

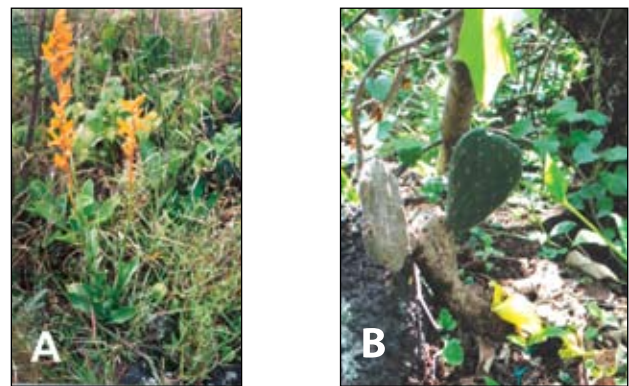
implementar programas de uso sustentable que permitan la coexistencia entre un hábitat protegido y la urbanización para disminuir o erradicar las presiones que ponen en riesgo a las poblaciones silvestres (Caldecott *et al.*, 1996). El rescate y reintroducción propuesto por Frankel y Soulé (1981) es una herramienta poderosa en los esquemas de restauración de hábitats deteriorados y ha mostrado ser altamente prometedora para recuperar especies nativas (Smith *et al.*, 2007). En el caso de las orquídeas de la REPSA, el establecimiento de los protocolos de propagación adecuados permitió llevar a cabo los primeros experimentos de reintroducción a su hábitat de *Bletia urbana*, como la primer orquídea propagada y reintroducida asimbióticamente vía cultivo de tejidos (Rubluo *et al.* 1989, 1993; Fig. 2J). Posteriormente, se ha continuado con el establecimiento de otros protocolos de reintroducción con plantas simbióticas (Castillo, 2001), que han sido extensivos a otras especies (Rangel, 2006) y han permitido generar modelos de conservación que puedan ser aplicados en un futuro inmediato (Suárez, en proceso).



Registros en campo detallados y fenología de algunas orquídeas de la Reserva

La fragmentación del Pedregal y el impacto antropogénico ha traído como consecuencia que algunas especies vegetales se vean favorecidas en su dispersión y algunas otras sean sumamente frágiles. Tal es el caso de las orquídeas *D. aurantiacus* y *B. urbana*, respectivamente, seleccionadas como dos especies clave en estudios de conservación por sus contrastantes hábitos (Ortega-

Larrocea y Rangel, 2007, Suárez y Ortega-Larrocea, 2008; Fig. 3A-C). *Bletia urbana* fue parte de un programa de reintroducción a su hábitat natural (Rubluo *et al.*, 1989), en el cual se dio seguimiento a la supervivencia y desarrollo de las plantas por cuatro años con excelentes resultados (Rubluo *et al.*, 1993; Fig. 2J). Este trabajo sirvió para aplicar el mismo sistema para otras especies de orquídeas de otras áreas geográficas del país (Martínez-Palacios, 1991) y permitió a estos autores ser pioneros en reintroducir plantas amenazadas de extinción y producidas por cultivo *in vitro*.



Sin embargo, la reintroducción de plantas a su medio natural no es la tarea final, ya que son necesarios los estudios a largo plazo que permitan asegurar que las poblaciones se han podido restablecer o recuperar a través de ésta vía. Mucho se ha escrito sobre el laboratorio natural que constituye la REPSA (Castillo-Argüero *et al.*, 2007). A este respecto, la documentación constante de las

plantas llevadas a campo permitirá saber si el número de individuos reintroducidos ha sido el adecuado, si las plantas han sobrevivido hasta su madurez reproductiva, si han generado propágulos que les permitan perpetuarse; sólo de este modo podrá aplicarse la palabra rescate de una especie de manera correcta. Desde luego, esto es complejo pero no imposible y es la única manera de poder generar información precisa que pueda ser aplicada a la conservación potencial de otras especies amenazadas en México. En la REPSA, este procedimiento se ha comenzado a implementar con el registro de la supervivencia de *B. urbana* a largo plazo, cuyas plantas fueron reintroducidas de manera simbiótica en el año 2001 (Castillo, 2002). Al cabo de cinco años de mantener una supervivencia documentada anualmente en 17 micrositios distintos, se registró el primer evento de floración bajo condiciones naturales (Ortega-Larrocea *et al.*, no publicado; Fig. 3D). Las semillas de las cápsulas obtenidas fueron nuevamente sometidas a cultivo *in vitro*, demostrándose su viabilidad y potencial regenerativo (Ortega-Larrocea y Rangel, 2007; Fig. 3E). A partir de este evento, las plantas han florecido año con año; sin embargo los factores ambientales, ecológicos y humanos, han mostrado ser determinantes en la viabilidad de las cápsulas ya que algunas de ellas han sufrido pudrición, ataque por patógenos y robo (Fig. 3F-M).

El caso contrario lo constituye *Dichromanthus aurantiacus*, que dada la gran cantidad de germoplasma que se puede obtener de la especie, se puede disponer de material suficiente para elaborar protocolos de propagación, endurecimiento y reintroducción (Fig. 3A). Sin embargo, su cultivo *in vitro* mediante la germinación es dificultoso debido a problemas de oxidación de los tejidos cuando esta especie es propagada asimbióticamente (Fig. 2A) y que se logra disminuir en gran medida con el cultivo simbiótico (Rangel, 2006). La reintroducción de plantas asimbióticas en parcelas experimentales ha documentado una baja supervivencia en un tiempo corto (Suárez, en proceso) y las plántulas simbióticas se ven afectadas por el endófito y las condiciones de micrositio (Ortega-Larrocea y Rangel, 2007; Fig. 3B) por lo que otras estrategias están siendo exploradas demostrándose una elevada supervivencia en una segunda reintroducción simbiótica (Suárez, en proceso). Esto demuestra que el protocolo de propagación hasta la reintroducción de una especie presenta muy distintos resultados, por lo que se hace necesario

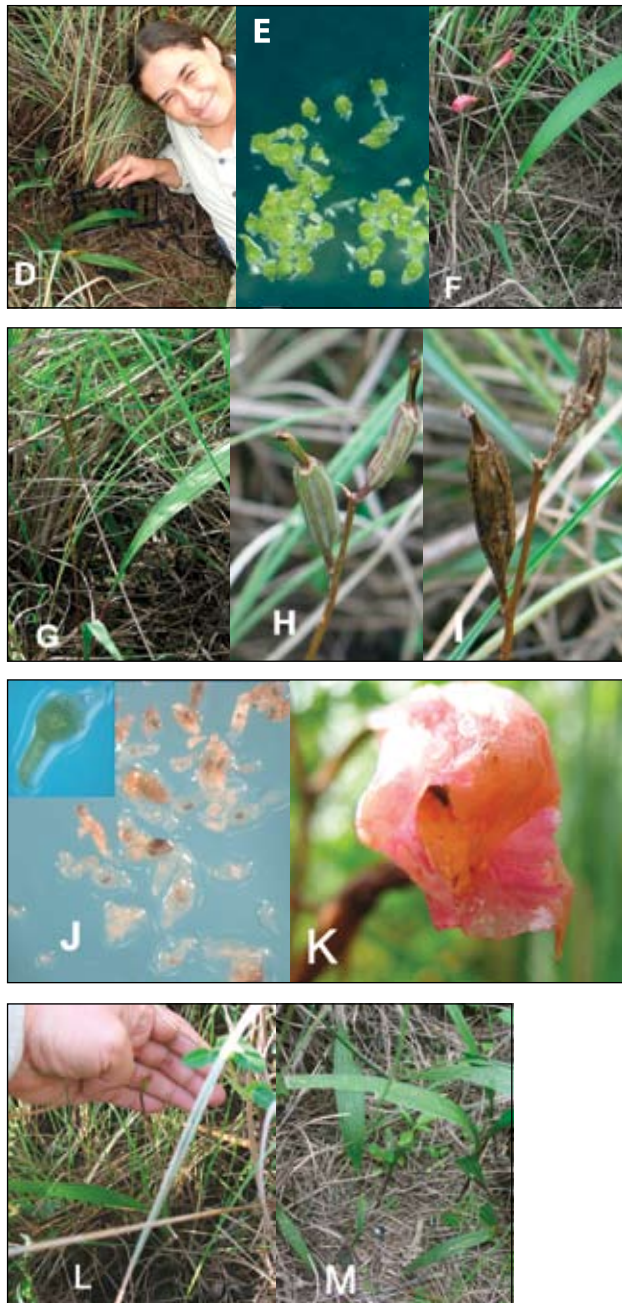


Fig. 3. D) Celebración por la aparición en campo de la primera cápsula (octubre, 2005) en individuos reintroducidos en el año 2001. E) Germinación asimbiótica de semillas de la primera cápsula obtenida (febrero, 2006). F) Floración por segundo año consecutivo de las plantas reintroducidas (julio, 2006). G) Desarrollo de cápsula de la planta anterior planta un mes después. H) Acercamiento de la cápsula inmadura (septiembre, 2006). I) Pudrición de esa misma cápsula por la abundante precipitación en el año (noviembre, 2006). J) Afectación de la viabilidad de las semillas (central), algunos protocormos lograron germinar (sup.) (enero, 2007). K) Vitrificación de flores naturales por exceso de lluvia en el año 2007 (julio, 2007). L) Floración por tercer año consecutivo (junio, 2007). M) Robo de escapos de plantas reintroducidas (agosto, 2007).

calibrarlo según el caso. Asimismo, se reconoce que toda la información generada sirve de base para planear estrategias de restauración más allá de los estudios piloto en parcelas experimentales.

Perspectivas a futuro

La aplicación de técnicas de conservación de germoplasma, propagación y reintroducción como su fin último, han sido exitosamente aplicadas para algunas especies de orquídeas de la REPSA. Sin embargo, falta mucho trabajo por hacer, como el levantamiento demográfico de las especies más vulnerables (Tinoco, en proceso) que permitirá estimar las plantas que es necesario recuperar en términos de metodologías de propagación, factores de supervivencia en campo, de diversidad genética, etc. En el caso particular de las orquídeas terrestres, caracterizadas por ser altamente especializadas en asociaciones con otros organismos, se hace evidente que las estrategias de conservación asimbióticas y simbióticas confieren distintas ventajas. La propagación asimbiótica permite obtener clones de alto valor comercial que pueden ser comercializados con el fin de disminuir las presiones de recolecta, representan una alternativa de ingreso para el financiamiento de investigación y también permiten preservar genotipos valiosos *ex situ*. Especies de flores altamente atractivas como los cutzis (*D. aurantiacus* y *D. cinnabarinus*) son una alternativa. Por otro lado, la propagación simbiótica, altamente efectiva en especies del género *Bletia*, ha mostrado ser invaluable para el rescate de genotipos silvestres en programas de conservación, aunada además, a la propagación vegetativa para distintos fines.

Aún cuando se apliquen las herramientas antes discutidas y las plantas se lleven exitosamente al campo, las orquídeas tienen una gran vulnerabilidad a ser completamente rescatadas en el sentido estricto del término. Para muchas de ellas, la fecundación de sus flores depende de organismos altamente específicos, por lo que si éstos no se encuentran más en el hábitat, los esfuerzos de recuperación por métodos de propagación y documentación en campo son completamente infértiles. LA REPSA es un hábitat en donde todavía se pueden conservar muchos elementos originales, llámense plantas, animales u hongos los cuales han permitido ensayar protocolos de conservación de germoplasma que pueden ser aplicados en otros hábitats.

Es notable que las poblaciones resistan altos índices de perturbación, tal y como se puede constatar en la Reserva, donde algunas especies que son más vulnerables como *Bletia urbana*, se encuentran aún creciendo y reproduciéndose.

Las recomendaciones finales no apuntan a estrategias administrativas de protección, se dirigen a remarcar el tipo de investigación básica que es pertinente para conservar lo poco que queda de nuestro entorno. Queda plasmado en este capítulo que, la mayor parte de los estudios sobre orquídeas son listados taxonómicos no actualizados en su mayoría y la falta de un proyecto serio de conservación de germoplasma, la nula información sobre flujo genético o factores que afectan su distribución o al menos la información actualizada sobre las poblaciones que quedan. Asimismo, se reconoce que algunas especies protegidas como el chautle, *Bletia urbana*, son sujetas a la recolecta clandestina dentro de la Reserva.

Es importante considerar en los estudios futuros el gran avance en las técnicas moleculares y estudios de diversidad genética, los cuales pueden ser muy valorados en los siguientes años para la restauración de este hábitat prioritario. Su vinculación con sistemas de horticultura podrían tener un impacto positivo en la naturaleza y en la calidad de vida de sus habitantes. Se ha demostrado que entre más se limite el uso del recurso, existe un incremento del saqueo de especies. Por tanto, la multiplicación de especies en peligro de extinción podría abastecer al mercado demandante vía clones y apoyar de manera indirecta la conservación de las poblaciones silvestres. Para los casos de reintroducción, el uso de la clonación sólo se justifica si se ha erosionado a tal grado la diversidad de una especie que ya no se cuente con material para su propagación por los métodos tradicionales (Zelenko, 2007) y sólo puede ser aceptada después de un estudio ecológico y genético minucioso, localizando los genotipos únicos que están en inminente extinción para evitar su pérdida (Mistretta, 1994; Valverde y Chávez, en este libro).

Agradecimientos

En este proyecto a largo plazo han participado de manera puntual investigadores y técnicos de la UNAM como S. Luna (FES-Zaragoza, UNAM) en la primera propagación simbiótica, E. Sandoval en los estudios histológicos y A. Téllez (Jardín Botánico, IB-UNAM) y G. Salazar (Instituto de Biología, UNAM) en la determinación de las especies. Ha contado además con algunos fondos de proyectos CIC-UMSNH 5.6, Proyecto CONACYT35481-B, PFAMU (PI100306) y PAPIIT IN230507.

Literatura citada

- ALVAREZ-SÁNCHEZ, J., J. CARABIAS-LILO, J. MEAVE DEL CASTILLO, P. MORENO-CASASOLA, D. NAVA-FERNÁNDEZ, C. TOVAR-GONZÁLEZ Y A. VALIENTE-VANUET. 1986. Proyecto para la creación de una reserva en el Pedregal de San Ángel. Cuadernos de Ecología no. 1. Facultad de Ciencias, UNAM, México. D. F.
- ARDITTI, J. 1977. Clonal propagation of orchids by means of tissue culture - A manual. Pp. 203-93, en: Arditti, J. (ed.). *Orchid Biology Reviews and Perspectives I*. Cornell University Press, Ithaca y Londres.
- ARDITTI, J. 1992. *Fundamentals of orchids biology*. Wiley and Sons. Nueva York.
- ARDITTI, J. 1993. Storage and longevity of orchid seeds. *Malayan Orchid Review (Singapore)*. **27**: 59-63.
- BARRETT, S. C. Y J. R. KOHN. 1991. Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants: implications for conservation. Pp. 3-30, en: Falk, D. A. y K. E. Holsinger (eds.). *Genetics and conservation of rare plants*. Oxford University Press, Nueva York.
- BERNARD, N. 1904. Recherches experimentales sur les Orchidées. *Revue Général de Botanique*. **16**: 458-476.
- CALDECOTT, J. O., M. D. JENKINS, T. H. JOHNSON Y B. GROOMBRIDGE. 1996. Priorities for conserving global species richness and endemism. *Biodiversity and Conservation*. **5**: 699-727.
- CASTILLO, M. 2002. Micorrización *in vitro* de *Bletia urbana* (ORCHIDACEAE) como una estrategia para su reintroducción. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTILLO-ARGÜERO, S., G. MONTES-CARTAS, M. A. ROMERO-ROMERO, Y. MARTÍNEZ-OREA, P. GUADARRAMA-CHÁVEZ, I. SÁNCHEZ-GALLÉN Y O. NÚÑEZ-CASTILLO. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. **74**: 51-75.
- CASTILLO - ARGÜERO, S., Y. MARTÍNEZ - OREA, M. A. ROMERO, P. GUADARRAMA, O. NÚÑEZ, I. SÁNCHEZ Y J. MEAVE. 2007. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Aspectos florísticos y ecológicos. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- CHÁVEZ, A. V. M. 1980. Cultivo asimbiótico de *Bletia urbana* Dressler (Orchidaceae) especie endémica del Pedregal de San Ángel. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- DIEGO, N. 1970. Contribución a la flora silvestre de los alrededores del Jardín Botánico de la UNAM. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- DRESSLER, R. L. 1968. Notes on *Bletia*. (Orchidaceae). *Brittonia*. **20**: 182-190.
- ELIAS, T. S. 1986. Can threatened and endangered species be maintained in botanic gardens?. Pp. 5-8, en: Elias, T. S. (ed.), *Conservation and management of rare and endangered plants*. Proceeding conference of the California Native Plant Society, California.
- FARRINGTON, L. W., J. M. FACELLI, S. C. DONNELLAN Y A. D. AUSTIN. 2007. Are some life-history strategies more vulnerable to the genetic consequences of habitat fragmentation? A case study using South Australian's *Caladenia caladenia* R. Br. (Orchidaceae) species. *Lankesteriana*. **7**: 270-271.
- FAY, M., F., R. J. SMITH, K. ZUIDERDUIN, E. HOPPER, R. SAMUEL, R. M. BATEMAN Y M. W. CHASE. 2007. How does hybridization influence the decision making process in conservation? The genus *Orchis* (Orchidaceae) as a case of history. *Lankesteriana*. **7**: 135-137.
- FLORES-VILLANUEVA, L. 2006. Contribución al estudio de la familia Orchidaceae en la Reserva del Pedregal de San Ángel y en algunas zonas perturbadas por la urbanización de la Ciudad Universitaria, UNAM, México D. F. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- FORD-LLOYD, B Y M. JACKSON. 1986. Plant genetic resources: an introduction to their conservation and use. Edward Arnold, Baltimore.
- FRANKEL, O. H. Y M. E. SOULÉ. 1981. Conservation and evolution. Cambridge University Press, Londres.
- GARDUÑO, C., S. Y. GARCÍA, M. RAMOS Y M. A. TÉLLEZ. 2007. Area recovery and characteristic orchids conservation *in situ* at the San Angel stony terrain. México D. F. *Lankesteriana* **7**: 281-286.
- GEORGE, E. F. 1993. Plant Propagation by Tissue Culture. 1. The Technology. Exegetics Ltd, Inglaterra.
- GOWLAND, K. M., U. MATHESIUS, M. A. CLEMENTS Y A. B. NICOTRA. 2007. Understanding the distribution of three species of epiphytic orchids in temperate Australian rainforest by investigation of their host and fungal associates. *Lankesteriana*. **7**: 44-46.
- GUILLÉN, R. S. 2003. Morfogénesis *in vitro* en protocormos de *Bletia urbana* Dressler (Orchidaceae) sujetos a diferentes concentraciones de Bencil adenina y fotoperiodo. Tesis Profesional. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México.
- GUILLÉN-RODRÍGUEZ S., A. MARTÍNEZ-PALACIOS Y V. CHÁVEZ. 2007. Alta respuesta a la floración *in vitro* en protocormos de *Bletia urbana* Dressler (Orchidaceae). Resúmenes del XVII Congreso Mexicano de Botánica. Zacatecas.
- HÁGSATER, E., M. A. SOTO-ARENAS, G. A. SALAZAR CHÁVEZ, J. JIMÉNEZ MACHORRO, M. A. LÓPEZ ROSAS Y R. L. DRESSLER. 2005. Las orquídeas de México. Instituto Chinoín, México.
- IUCN (INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE). 1985. Rare and threatened plant list. Threatened plant Committee Botanic Gardens Conservation Coordinating Body, Londres.
- IUCN. 1987. Secretaría para la conservación en jardines botánicos, presentación. Centro de Monitoreo para la conservación, Londres.
- KARTHA, K. K. 1981. Meristem culture and cryopreservation methods and applications. Pp. 181-211, en: Thorpe, T. A. (ed.). Plant tissue culture, methods and applications in agriculture. Academic Press, Nueva York.
- KARTHA, K. K. 1982. Cryopreservation of germplasm using meristem and tissue culture. Pp. 139-161, en: Tomes, D. T., B.E. Ellis, P.M. Harney, K.J. Kasha y R.L. Peterson (eds.). Application of Plant Cell and Tissue Culture to Agriculture & Industry. Universidad de Guelph, Ontario.
- KNUDSON, L. 1922. Nonsymbiotic germination of orchid seed. *Botanical Gazette*. **73**: 1-25.
- KNUDSON, L. 1946. A new nutrient solution for the germination of Orchid Seeds. *American Orchid Society Bulletin*. **15**:214-217.
- LIGHT, M. H. S., H. KOPOWITZ Y T. A. MARCHANT. 2003. The impact of climatic, edaphic and physiographic factors on the population behavior of selected temperate and tropical orchids. Pp. 159-182, en: Dixon, K. W., S. P. Kell, R. I. Barrett, P. J. Cribb (eds.). Orchid conservation. Natural History Publications, Borneo.
- MARTÍNEZ-PALACIOS, A. 1985. Inducción *in vitro* de brotación múltiple en *Bletia urbana* Dress (Orchidaceae) a partir de protocormos seccionados. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MARTÍNEZ-PALACIOS, A. 1991. Propagación masiva *in vitro* y recuperación de poblaciones de orquídeas en peligro de extinción. Tesis Mestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- MARTÍNEZ-PALACIOS, A., M. P. ORTEGA-LARROCEA, V. M. CHÁVEZ Y R. BYE. 2003. Somatic embriogénesis and organogénesis of *Agave victoria-reginae*, considerations for its conservation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. **74**: 135-142.
- MARTÍNEZ-PALACIOS A., J. MEDRANO MALDONADO Y R. CÁRDENAS-NAVARRO. 2007. Preservación de Semillas de Orquídeas. 53 Reunión Anual Sociedad Interamericana para la Horticultura Tropical. Michoacán.
- MISTRETTA, O. 1994. Genetics of species re-introductions: applications of genetic analysis. *Biodiversity and Conservation*. **3**: 184-190.
- NASH, N., R. L. BARRET, H. F. OAKELEY, I. CHALMERS Y H. RICHARDS. 2003. Role of Orchid societies and growers in conservation. Pp. 313-328, en: Dixon, K. W., S. P. Kell, R. I. Barrett y P. J. Cribb (eds.). Orchid conservation. Natural History Publications, Borneo.
- NAVARRO, A. V. 1977. *Bletia urbana* Dressler. *Orquidea (Méx.)* **6**: 346-353.
- NEWMAN, B. J., P. LADD, A. BATTY Y K. DIXON. 2007. Ecology of orchids in urban bushlands reserves- can orchids be used as indicators of vegetation condition? *Lankesteriana*. **7**: 313-315.
- NOTIMEX. 2004. Hallan en el DF dos tipos de orquídeas que crecen en zonas áridas. La crónica de hoy, El universal, 17 de enero. México.

- ORTEGA-LARROCEA, M. P. 2008. Propagación simbiótica de orquídeas terrestres con fines de restauración edafocológica. Pp. 85-96, en: Alvarez-Sánchez, J. y A. Monroy-Ata (comps.). Técnicas de estudio de las asociaciones micorrízicas y sus implicaciones en la restauración, Facultad de Ciencias, UNAM.
- ORTEGA-LARROCEA, M. P., M. V. CHÁVEZ Y R. BYE. 1997. Micropropagación y establecimiento *ex vitro* de *Cosmos atrosanguineus* (Hook.) A. Voss en el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM. *Amaranto* **10**: 1- 9.
- ORTEGA-LARROCEA, M. P. Y D. GONZÁLEZ. 2008. Los hongos asociados a las orquídeas terrestres en la restauración. Pp. 219-227, en: Heredia A., G. (ed.). Tópicos sobre diversidad, ecología y usos de los hongos microscópicos en Iberoamérica. Instituto de Ecología, A. C., México.
- ORTEGA-LARROCEA M. P. Y M. RANGEL-VILLAFRANCO. 2007. Fungus-assisted reintroduction and long-term survival of two Mexican terrestrial orchids in the natural habitat. *Lankesteriana*. **7**: 317-321.
- ORTEGA-LARROCEA, M. P., E. SANDOVAL, C. RAMOS Y V. M. CHÁVEZ-AVILA. 2005. Histological development of *Bletia urbana*: an endangered terrestrial orchid from México. *Selbyana*. **26**: 309.
- PRITCHARD, H. W. 2004. Classification of seed storage 'types' for *ex situ* conservation in relation to temperature and moisture. Pp. 139-161, en: Guerrant, E. O., K. Havens y M. Maunder (eds.). *Ex situ* plant conservation: supporting species survival in the wild. Island Press, Washington, D.C.
- PRITCHARD, H. W., A.L. POYNTER Y P. T. SEATON. 1999. Interspecific variation in orchid seed longevity in relation to ultra-dry storage and cryopreservation. *Lindleyana*. **14**: 92-101.
- RAMSAY, M. M. Y K. W. DIXON. 2003. Propagation science, recovery and translocation of terrestrial orchids. Pp. 259-286, en: K. W. Dixon, S. P. Kell, R. I. Barrett y P. J. Cribb (eds.). *Orchid conservation*. Natural History Publications, Borneo.
- RANGEL, V. M. 2004. Aislamiento de hongos micorrízicos de orquídeas terrestres de la Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Angel, México, D. F. Tesis Profesional. Facultad de Estudios Superiores, Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RANGEL, V. M. 2006. Reintroducción de algunas especies de orquídeas de la Reserva del Pedregal de San Angel, México, D. F. Tesis de Maestría, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RANGEL-VILLAFRANCO M. Y M. P. ORTEGA-LARROCEA. 2007. Efforts to conserve endangered terrestrial orchids *in situ* and *ex situ* at two natural reserves within Central Mexico. *Lankesteriana*. **7**: 326-333.
- RASMUSSEN, H. N. 1995. Terrestrial orchids, from seed to mycotrophic plant. Cambridge University Press, Reino Unido.
- RAVEN, P. H. 1976. Ethics and attitudes in conservation of threatened plant. Pp. 155-180, en: NATO Conference Series no. 1. Ecology. Plenum Press, Nueva York.
- REYES S. Y P. J. 1993. Estudio florístico y fito geográfico en el municipio de San Juan Mixtepec, Distrito de Juxtlahuaca Oaxaca. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.
- ROJO, A. Y J. RODRÍGUEZ. 2003. La flora del predregal de San Angel. SEMARNAT-INE, México.
- RUBLUO, A. 1994. Del tubo de ensayo a la Reserva Ecológica. Rescate de especies en extinción por cultivo *in vitro*. Pp. 399- 401, en: A. Rojo (Comp.). Reserva Ecológica "El Pedregal de San Angel". Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- RUBLUO, A., V. CHÁVEZ Y A. MARTÍNEZ. 1989. *In vitro* seed germination and re-introduction of *Bletia urbana* (Orchidaceae) in its natural habitat. *Lindleyana*. **4**: 68-73.
- RUBLUO, A., V. CHÁVEZ, A. P. MARTÍNEZ Y O. MARTÍNEZ-VÁZQUEZ. 1993. Strategies for the recovery of endangered orchids and cacti through *in vitro* culture. *Biological Conservation*. **63**: 163-169.
- RZEDOWSKI, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. **8**: 59-129.
- RZEDOWSKI, J. 1979. Extinción de Especies Vegetales. Pp. 43-45, en: Rzedowski, J. y G.G. de Rzedowski (eds.). *Flora Fanerogámica del Valle de México*, vol. I. CECSA, México.
- SALAZAR, G. A., M. A. CHASE, M. A. SOTO Y M. INGROUILLE. 2003. Phylogenetics of Cranichidae with emphasis on Spiranthinae (Orchidaceae, Orchidoideae): evidence from plastic and nuclear DNA sequences. *American Journal of Botany*. **90**: 777-795.
- SARMIENTO, F. M. 1995. Consideraciones sobre aspectos reproductivos y ecología de especies de géneros de la familia Orchidaceae en el Pedregal de San Angel.

- Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- SCHUITEMAN, A. Y E. DE VOGEL. 2003. Taxonomy for conservation. Pp. 55-68, en: Dixon, K. W., S. P. Kell, R. I. Barrett y P. J. Cribb (eds.). *Orchid conservation*. Natural History Publications, Borneo.
- SEATON, P. Y H. W. PRITCHARD. 2003. Orchid germplasm collection, storage and exchange. Pp. 227-258, en: Dixon, K. W., S. P. Kell, R. I. Barrett y P. J. Cribb (eds.). *Orchid conservation*. Natural History Publications, Borneo.
- SEMARNAT. 2002. Norma oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 – Protección Ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión y cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial, 2ª. Sección. 6 marzo.
- SIM, G. E., C. S. LOH Y C. J. GOH. 2007. High frequency early *in vitro* flowering of *Dendrobium Madame Thong-In* (Orchidaceae). *Plant Cell Reports*. **26**: 383-393.
- SMITH, Z. F., E. A. JAMES Y C. B. MCLEAN. 2007. Experimental reintroduction of the threatened terrestrial orchid *Diurus fragantissima*. *Lankesteriana*. **7**: 377-381.
- SOSA, V. 1992. Systematic studies on *Bletia*. (Orchidaceae) University of California, Berkeley. 199 p.
- SOTO, M. A. 1983. Vegetales de México. El Pedregal de San Angel: un refugio natural de orquídeas. *Ocelote (Méx.)*. **1**: 9-11.
- SOTO-ARENAS, M. A. 1996. Regional Accounts: Mexico. Pp. 53-58, en: IUCN/SSC Orchid Specialist Group. Orchids status survey and conservation action plan. IUCN, Gland y Cambridge.
- SOTO-ARENAS, M. A., R. S. SOLANO-GÓMEZ Y E. HÁGSATER. 2007. Risk of extinction and patterns of diversity loss in Mexican orchids. *Lankesteriana*. **7**: 114-121.
- SUÁREZ, I. Y M. P. ORTEGA-LARROCEA. 2008. Conservación *in situ* y *ex situ* de una orquídea modelo en una reserva ecológica del Valle de México con vegetación relictual. Convención Trópico, La Habana Cuba.
- SUTTER, E. 1988. Stomatal and cuticula water loss from apple, cherry and sweetgum plants after removal from *in vitro* culture. *Journal of American Society of Horticulture Science*. **113**: 234-238.
- TÉLLEZ, V. A. 2002. The Pedregal de San Angel and its orchids. *Orchid review*. **110**: 25-29.
- TELLEZ-VELASCO, A. 2007. The important role that the Botanical Garden of the National Autonomous University plays in the conservation of Mexican Orchids. *Lankesteriana*. **7**: 156-160.
- TÉLLEZ, V. A., L. FLORES Y E. ESPARZA. 2007. Orquídeas terrestres del Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- TREMBLAY, R. L. Y M. J. HUTCHINGS. 2003. Population dynamics in orchid conservation: a review of analytical methods, based on the rare species *Lepanthes eltoroensis*. Pp. 183-204, en: Dixon, K. W., S. P. Kell, R. I. Barrett y P. J. Cribb (eds.). *Orchid conservation*. Natural History Publications, Borneo.
- VILLA-LOBOS, J. 1988. Threatened Plant List of Middle America. IUCN.
- VOVIDES, A. P. 1981. Lista preliminar de plantas mexicanas raras o en peligro de extinción. *Biotica*. **6**: 219-28.
- WHIGHAM, D. F. Y J. H. WILLEMS. 2003. Demographic studies and life-story strategies of temperate terrestrial orchids as a basis for conservation. Pp. 137-158, en: Dixon, K. W., S. P. Kell, R. I. Barrett y P. J. Cribb (eds.). *Orchid conservation*. Natural History Publications, Borneo.
- WOCHOK, Z. S. 1981. The role of tissue culture in preserving threatened and endangered plant species. *Biological Conservation*. **20**: 83-89.
- YAMADA, T., A. SAKAI, T. MATSUMARA Y S. HIGUCHI. 1991. Cryopreservation of apical meristems of white clover (*Trifolium repens* L.). *Plant Science*. **73**: 111-116.
- ZETTLER, L. W. Y T. M. MCINNIS. 1993. Symbiotic seed germination and development of *Spiranthes cernua* and *Goodyera pubescens* (Orchidaceae: Spiranthoideae). *Lindleyana*. **8**: 155-162.
- ZIV, M., A. SCHWARTZ Y D. FLEMINGER. 1987. Malfunctioning stomata in vitreous leaves of carnation (*Dianthus caryophyllus*) plants propagated *in vitro*: implications for hardening. *Plant Science*. **52**: 124- 127.
- ZELENKO, H. 2007. Not a single orchid. *Lankesteriana*. **7**: 164-168.

***Mammillaria* (Cactaceae) como indicadora del estado de conservación del ecosistema**

Teresa Valverde¹ y Víctor Manuel Chávez²

¹Grupo de Ecología de Poblaciones, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,

²Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales, Jardín Botánico, Instituto de Biología,

Universidad Nacional Autónoma de México

mtvv@hp.fciencias.unam.mx

Introducción

Aunque la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (referida en adelante como Reserva del Pedregal) protege sólo alrededor del 2% del área que ocupaba originalmente este ecosistema, su comunidad vegetal sigue teniendo una riqueza extraordinaria (Carrillo-Trueba, 1995).

En fechas recientes, Castillo *et al.* (2004) colectaron 337 especies vegetales en la Reserva del Pedregal (315 especies de plantas vasculares y 22 pteridofitas). Estos autores hacen notar la discrepancia entre su lista florística y la reportada por Rzedowski (1954) para el matorral xerófilo de la Reserva, pues después de una colecta exhaustiva y detallada, encontraron sólo 152 de las especies que había reportado Rzedowski. Entre las razones que podrían explicar este cambio notable en la composición florística de la comunidad, se menciona el hecho de que la misma se encuentra en un proceso dinámico de sucesión primaria y que, además, ha sufrido una reducción dramática en el área en los últimos 50 años (Castillo *et al.*, 2004). Además de los factores mencionados en el párrafo anterior, sin duda también ha habido un aumento en la frecuencia e intensidad de los disturbios que afectan al Pedregal de San Ángel (como incendios, tiraderos de basura, extracción de roca, efectos asociados a la cercanía con vías de comunicación, áreas habitacionales, entre otros), lo cual probablemente ha tenido un efecto sobre el cambio en la composición florística que se ha observado en este ecosistema. La Reserva del Pedregal se encuentra inmersa en una de las áreas urbanas más

grandes, más contaminadas y más pobladas del mundo. Esto ha determinado que la frecuencia e intensidad de incendios, por ejemplo, se haya incrementado de manera sustancial (Fig. 1). Si bien es posible que ocurrieran incendios eventuales de manera natural en algunos de los ecosistemas del Valle de México, el aumento en la frecuencia de este tipo de perturbaciones, asociado a las actividades humanas, puede ocasionar cambios en su composición florística, causando la desaparición de especies nativas y la entrada de especies ruderales características de zonas perturbadas.

Según lo anterior, cabe preguntarse: ¿cuál es el estado de conservación de la Reserva del Pedregal? Claramente los cambios recientes en la composición florística que hemos documentado, en particular la mayor frecuencia de especies ruderales, representan una luz de alarma que debe tenerse en cuenta. Por otro lado, es importante contar con un monitoreo constante de su estado de conservación para poder tomar las medidas que permitan preservar de la mejor manera este ecosistema. Algunos autores han propuesto que la evaluación del desempeño de las especies más vulnerables de un ecosistema puede utilizarse como una medida de su estado de conservación (Primack, 1993; Soulé, 1993). Según esta idea, las especies vulnerables nos pueden servir de "termómetros", de modo que su comportamiento demográfico, su desempeño y su vigor nos pueden hablar del estado de conservación del ecosistema. Las cactáceas, en general, se han clasificado como especies naturalmente vulnerables (Godínez-Alvarez *et al.*, 2003), por lo que pueden ser útiles para dicha evaluación.



FIG. 1. Aspecto general de a) la zona perturbada (que sufrió un incendio pocos meses antes del inicio del estudio) y b) la zona conservada de la Reserva del Pedregal de San Ángel en las que se llevó a cabo el estudio demográfico de *Mammillaria magnimamma*, entre 1996 y 1998.

En este capítulo se evalúa en qué medida el conocimiento ecológico con el que se cuenta sobre dos de las cactáceas que se distribuyen en el Pedregal (*Mammillaria magnimamma* y *M. san-angelensis*) nos brinda información sobre el estado de conservación de este ecosistema. En la primera sección utilizamos la información derivada de una serie de estudios demográficos y ecofisiológicos llevados a cabo con *M. magnimamma*; y en la segunda nos abocamos a considerar algunas experiencias de propagación *in vitro* de *M. san-angelensis* (por medio del cultivo de tejidos) como una probable estrategia de conservación para ésta y otras especies vulnerables.

Las cactáceas del Pedregal

México es el más importante centro de concentración de cactáceas, con un alto índice de endemismos a nivel genérico (73%) y específico (78%) (Hernández y Godínez, 1994). Existen poco más de 550 especies reconocidas de cactáceas que se distribuyen en nuestro país (Hunt, 1992), lo cual constituye alrededor del 40% de las especies descritas de esta familia (Anderson *et al.*, 1994).

A pesar de que la comunidad del Pedregal de San Ángel se ha clasificado como un matorral xerófilo (Castillo *et al.*, 2004), su diversidad de cactáceas es más bien baja en comparación con la de otros matorrales xerófilos del país. Las especies de cactáceas que reportó Rzedowski (1954) para el Pedregal de San Ángel fueron seis: *Mammillaria discolor* Haworth, *M. elegans* DC, *M. mag-*

nimamma Haworth (Fig. 2), *Opuntia lasiacantha* Pfeiff., *O. tomentosa* Salm-Dyck y *O. tunicata* Link et Otto. Sin embargo, *M. discolor* se distribuye únicamente en las regiones más elevadas del derrame del Xitle. Por otro lado, *M. elegans* se reconoció posteriormente como un sinónimo de *M. san-angelensis* (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991). Valiente-Banuet y de Luna (1994) reportan, además, a *Opuntia robusta* Wendland, que no es una especie nativa del Pedregal, sino que se sospecha que algunos individuos provenientes de los ejemplares del Jardín Botánico han colonizado las zonas núcleo. En el trabajo de Castillo *et al.* (2004) se reportan solamente dos mamilarias (*M. magnimamma* y *M. elegans*) y tres opuntias (*O. robusta*, *O. tomentosa* y *O. rzedowskii* Scheinvar, siendo esta última una sinonimia de *O. lasiacantha*). Adicionalmente, aunque se ha reconocido a *M. san-angelensis* como una especie por propio derecho (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991), en una publicación más reciente se le incluye como una subespecie de *M. haageana* (Guzmán *et al.*, 2003).

La baja diversidad de cactáceas en el Pedregal de San Ángel probablemente esté relacionada con el clima templado que allí prevalece, pues, en general, la diversidad de cactáceas en las regiones templadas de México no es muy alta (Bravo-Hollis, 1978). Sin embargo, las especies presentes son una mezcla muy interesante y de orígenes diversos, pues mientras el género *Mammillaria* se originó en las regiones áridas de México, las opuntias provienen de Sudamérica (Castillo *et al.*, 2004).

¿Qué sabemos de las mamilarias del Pedregal?

El género *Mammillaria* es muy numeroso y el más popular para su comercialización, por lo que sus poblaciones silvestres sufren de una extensiva colecta de ejemplares (Ramírez Malagón *et al.*, 2007). Guzmán *et al.* (2003) reconocen 1,025 especies y subespecies mexicanas de *Mammillaria* y muchas de ellas han sido consideradas como amenazadas o en peligro de extinción (NOM-ECOL-059-2001). Este género aparentemente es de origen polifilético y se le considera casi endémico de nuestro país, ya que algunas especies extienden su distribución hacia el sur de los E.U.A. y otras hacia las Antillas, Centroamérica y el norte de Sudamérica (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991).

Mammillaria magnimamma

Las dos especies que se distribuyen en la Reserva del Pedregal, *M. magnimamma* y *M. san-angelensis*, presentan características morfológicas y ecológicas muy disímiles. Se cree que las poblaciones de ambas especies han registrado disminuciones en su abundancia en las últimas décadas, lo que constituye un elemento de preocupación.

En la Reserva del Pedregal, *M. magnimamma* muestra una temporada de reproducción relativamente larga. Los botones florales empiezan a emerger en febrero y el máximo de floración se observa entre marzo y abril, extendiéndose ésta hasta el mes de junio. Los frutos se observan principalmente durante junio, julio y agosto. Las plantas reproductivas producen entre 4 y 5 botones florales por individuo, pero un número mucho menor (menos de 1) alcanzan a originar un fruto (Quijas-Fonseca, 1999; Valverde *et al.*, 2004).

En 1997 un grupo de investigadores de la Facultad de Ciencias estudiaron dos poblaciones de *M. magnimamma* en la Zona Núcleo Poniente de la Reserva. Se eligieron para ello dos sitios, uno que se consideró "perturbado" y otro "conservado". El sitio perturbado se encontraba cerca de la Avenida de Los Insurgentes, con vegetación predominantemente herbácea, un estrato arbóreo prácticamente ausente, con evidencias de perturbaciones recientes por fuego y una estructu-

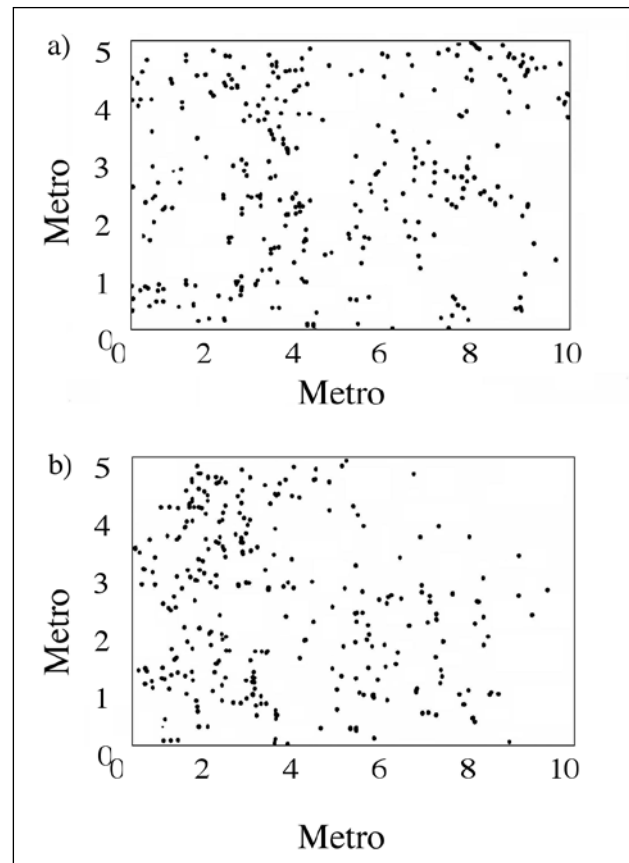


FIG. 2. Distribución de los individuos de *Mammillaria magnimamma* en a) una zona conservada y b) una zona perturbada de la Reserva del Pedregal. Tomado de Valverde *et al.* (1999).

ra y fisonomía de la vegetación que sugieren una alta incidencia de disturbios (Fig. 1a). Por otro lado, el sitio conservado estaba situado hacia el interior de la Zona Núcleo y presentaba un estrato arbóreo relativamente bien desarrollado (con *Buddleia cordata* como dominante), por lo que había una menor radiación lumínica y suelos más profundos y desarrollados; además, no se observaron evidencias de incendios recientes ni de disturbios evidentes (Fig. 1b). Se estudió la abundancia, distribución y dinámica poblacional de *M. magnimamma* en cada uno de estos dos sitios y se registró que la densidad poblacional era de 662 ± 5 ind/ha (promedio \pm desviación estándar) en la zona conservada, y de 638 ± 5 ind/ha en la zona perturbada (Valverde *et al.*, 1999). En la Fig. 2 se muestra el patrón de distribución de estos individuos en las áreas de estudio.

La información que se tiene sobre la dinámica de la población de *M. magnimamma* en estos dos sitios de la Reserva muestra que el estado de la población es relativamente más saludable en la zona conservada que en la zona perturbada (Tabla 1). De los dos años de estudio, uno (1997-98) fue relativamente más favorable que el otro (1996-97). Aunque en el año menos favorable la tasa de crecimiento poblacional (λ) fue similar en ambos sitios, en el año favorable la población del sitio conservado mostró una alta tasa de crecimiento poblacional, mientras que la del sitio perturbado sugirió que la población está decreciendo (Tabla 1). La causa fundamental de esta diferencia fue que en el año favorable se observó una mayor producción de frutos y un mayor reclutamiento de plántulas en la zona conservada en comparación con la perturbada. La menor producción de frutos de la zona perturbada en 1996-97 obedeció a que muchas de las plantas se habían quemado el año anterior y sus tejidos vegetativos apenas se estaban recuperando, por lo que no produjeron flores.

La diferencia en la dinámica de estas dos poblaciones se refleja también en la estructura de la población: la zona conservada cuenta con una mayor representación de plántulas y juveniles en comparación con la zona perturbada (Fig. 3).

Tabla 1. Tasa finita de crecimiento poblacional ($\lambda \pm$ intervalo de confianza al 95%) de la población de *M. magnimamma* en dos sitios de la Reserva del Pedregal en dos periodos de estudio. El valor de λ representa la tasa multiplicativa a la que se espera que la población crezca de un año al otro, dado el comportamiento demográfico que se encuentra representado por una matriz de proyección poblacional de tipo Lefkovich. Una $\lambda = 1$ implica que la población se encuentra estable numéricamente. Datos de Valverde et al., 2004).

	Zona conservada	Zona perturbada
1996-97	0.96 \pm 0.09	0.97 \pm 0.09
1997-98	1.33 \pm 0.17	0.94 \pm 0.10

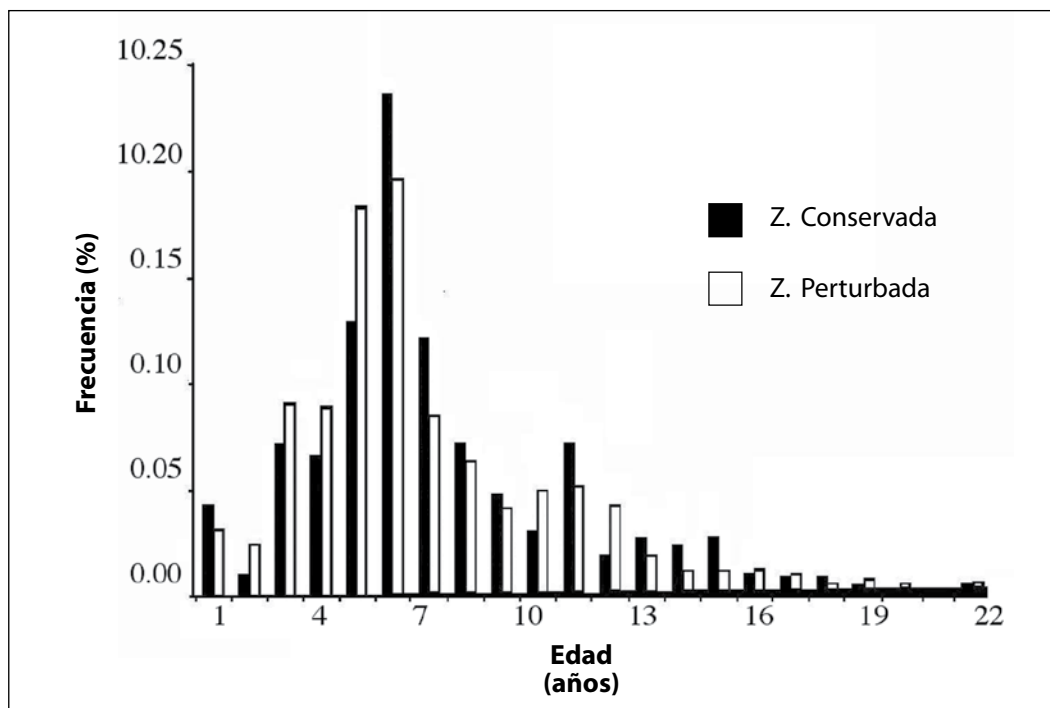


FIG. 3. Estructura de edades de *M. magnimamma* en dos sitios de la Reserva del Pedregal, uno conservado y uno perturbado. Las edades de los individuos se calcularon con base en su tamaño y en su tasa de crecimiento. Tomado de Quijas-Fonseca (1999).

Tabla 2. Porcentajes finales de germinación (\pm error estándar) de las semillas de *M. magnimamma* de dos edades distintas (1 mes y 1 año) sometidas a diferentes tratamientos de germinación. Las condiciones del testigo correspondieron a temperatura fluctuante (15-30°C) y fotoperiodo de 12:12. Los tratamientos de acidez (pH 0.7 y 1.7) y de altas temperaturas (90°C) consistieron en someter las semillas a estos factores antes de la siembra; los de temperatura constante (15 y 25°C) y obscuridad se aplicaron durante el proceso de germinación. Tomado de Ruedas *et al.* (2000).

Tratamiento	Edad de las semillas	
	1 mes	1 año
Testigo	95.0 \pm 1.4	91.25 \pm 2.5
pH 0.7	83.8 \pm 6.3	88.7 \pm 9.4
pH 1.7	86.2 \pm 8.5	92.5 \pm 5.0
90°C 4h	88.7 \pm 13.1	63.7 \pm 7.5
90°C 12h	92.5 \pm 5.0	32.5 \pm 9.5
15°C	87.5 \pm 8.6	91.2 \pm 6.3
25°C	91.2 \pm 7.5	83.7 \pm 4.8
Obscuridad	15.0 \pm 1.3	62.5 \pm 2.0

Además de la información demográfica, se cuenta con datos sobre la germinación de semillas y el crecimiento de las plántulas de *M. magnimamma*. Éstos muestran que las semillas presentan una alta capacidad germinativa (entre 83 y 95%) y se mantienen viables por lo menos por un año (Tabla 2). Soportan que se les someta a tratamientos de acidez, lo cual sugiere que no se verían afectadas si pasaran por el tracto digestivo de animales dispersores, pero disminuyen su capacidad germinativa al ser sometidas a altas temperaturas antes de la germinación, por lo que su germinación sí se vería afectada por la incidencia de incendios. Por otro lado, sus semillas son sensibles a la luz (i.e., su germinación disminuye en condiciones de obscuridad), y dicha sensibilidad se pierde conforme envejecen (Tabla 2). Por último, podemos decir que las plántulas de *M. magnimamma* son de crecimiento lento, tal como ocurre con otras especies tolerantes al estrés), aunque comparadas con otras cactáceas su tasa relativa de crecimiento es más bien alta (0.014–0.027 g/g/día; Ruedas *et al.*, 2000).

Mammillaria san-angelensis

Se cuentan con muy pocos datos sobre el desempeño de *M. san-angelensis* en la Reserva del Pedregal, y menos aún sobre la manera en la que sus poblaciones se

han visto afectadas por la reducción del área y el aumento en la frecuencia e intensidad de disturbios del ecosistema en el que habita. Se tiene la percepción de que *M. san-angelensis* siempre se ha presentado en bajas densidades por ser una especie naturalmente rara (S. Castillo, com. pers.). No se cuenta con datos sobre el tamaño de la población de la Reserva y no se conoce nada sobre su biología reproductiva, su dinámica poblacional, sus tasas de crecimiento individual y el tipo de microambientes que ocupa. Según estimaciones de algunos investigadores que frecuentan los terrenos de la Reserva, el número de individuos de *M. san-angelensis* que aún existen en ella debe ser de menos de 20 (S. Castillo, com. pers.). Este bajísimo tamaño poblacional nos habla claramente de una viabilidad poblacional muy limitada y de la alta vulnerabilidad de esta especie, que nos sugiere que se encuentra en el límite de una virtual extinción. Este es uno de los casos en los que el estatus de un taxón afecta claramente su categoría de conservación: bajo la concepción de que su identidad es *M. san-angelensis*, se trata de una especie virtualmente extinta (categoría “en peligro de extinción”, según la NOM-ECOL-059-2001), pero si se trata de *M. haageana*, su desaparición del Pedregal de San Ángel podría considerarse como la extinción de una población local de una especie que no se encuentra amenazada.

Propagación *in vitro*

El efecto dañino de las actividades humanas conlleva a que muchas formas de vida se encuentran en riesgo de desaparecer. Entre las principales causas podemos contar la expansión de las poblaciones humanas, la liberación de sustancias tóxicas y la explotación excesiva de plantas y animales. Por otro lado, la restauración de los hábitats alterados es un proceso extremadamente complejo, difícil y costoso que se da de manera lenta y, en muchos casos, existen vacíos de conocimiento sobre cómo llevarla a cabo. Por estas razones es imperativo que se genere tecnología aplicable para aprovechar de manera sostenible a las especies amenazadas o en peligro de extinción.

La posibilidad de utilizar las técnicas del cultivo de tejidos vegetales (CTV) para ayudar a atacar el problema de la desaparición de especies de plantas ha sido ampliamente reconocida (Murashige, 1974; Litz *et al.*, 1998; Rubluo *et al.*, 1993; Chávez *et al.*, 2007). El CTV se basa en la capacidad de las células y tejidos para regenerar plantas completas, homogéneas en cuanto a su tamaño e información genética, libres de patógenos, en grandes cantidades y en tiempos relativamente cortos. Estas técnicas se han utilizado desde hace 35 años para resolver diferentes tipos de problemas agroquímicos: para la micropropagación en horticultura ornamental comercial, en programas de mejoramiento de productos forestales, y en la industria agrícola, en el desarrollo de productos agroquímicos (Murashige, 1974; George, 1993). En la industria forestal algunas de las especies que se han propagado *in vitro* son *Pseudotsuga menziesii*, *Sequoia sempervirens* y varias especies del género *Pinus*, entre otras (Murashige, 1974). En agricultura la micropropagación se ha utilizado en programas de mejoramiento de piña (*Ananas* sp.), cítricos (*Citrus sinensis*), espárragos (*Asparagus officinalis*), arroz (*Oryza* sp.), caña de azúcar (*Saccharum* sp.) y café (*Coffea arabica*) (Murashige, 1974; George, 1993). Asimismo, prácticamente toda la producción de papa (*Solanum tuberosum*) de una marca de frituras muy conocida en México tiene su origen en las técnicas de CTV (Zsolt Maurer-Compañía Sabritas, com. pers.)

El uso de CTV para la propagación de especies nativas está menos desarrollado. Sin embargo, se debe tener en cuenta que posiblemente muchos de los orga-

nismos propagados de esta manera son homogéneos genéticamente, por lo que su reintroducción a las poblaciones naturales debe hacerse con cautela (Piña-Poujol *et al.*, 2007).

Entre los grupos vegetales que requieren con mayor urgencia de la implementación de técnicas de conservación están las orquídeas, las cícadas, las palmas, los pinos, muchas compuestas y las cactáceas. Con respecto a estas últimas, se estima que de los más de 50,000 ejemplares de cactus exportados desde México, menos de 1% son propagados (Moebius-Goldammer *et al.*, 2003). De las especies de cactáceas comerciales, el género *Mammillaria* es el más popular, por lo que sus poblaciones silvestres sufren de una intensa colecta ilegal y muchas de ellas se encuentran en peligro de extinción. Por esta razón, consideramos que deben emplearse todas las tecnologías disponibles para su propagación con fines de conservación (Martínez-Vázquez y Rubluo, 1989).

Mammillaria san-angelensis ha sido reportada como extinta por la IUCN (1985). Sin embargo, se sabe que todavía existen algunos ejemplares en la Reserva del Pedregal, por lo que la podemos considerar como casi extinta. Aunque no sabemos con precisión que efecto han tenido los disturbios y la disminución del hábitat sobre esta situación, sí podemos asegurar que la colecta ilegal ha sido uno de los factores que ha mermado a esta población (ver más adelante).

Martínez-Vázquez y Rubluo (1989) lograron la regeneración *in vitro* de *M. san-angelensis* a través de la organogénesis (formación de brotes) directa e indirecta a partir de ápices y de las secciones longitudinales (basales) del tallo de plántulas germinadas asépticamente, así como de plántulas regeneradas de éstas (Fig. 4). Esto se llevó a cabo con tratamientos de BA (benciladenina; 0.1 a 1 mg/l) y en combinación con ANA (ácido naftalenacético; 0.01 mg/l) en medio MS (Murashige y Skoog, 1962), obteniéndose una mayor cantidad de regenerantes a partir de las secciones longitudinales de tallo, a través del desarrollo de las areólas y de yemas adventicias. La formación de brotes ocurrió en el medio de inducción, y la proliferación continuó después del subcultivo en un medio sin reguladores de crecimiento, así como a partir del callo formado.

Se logró una mayor cantidad de brotes con morfología normal en los medios de cultivo "envejecidos" cuando se encontraban deshidratados. Esta deshidratación o endurecimiento de los medios utilizando una alta concentración de gelificante ha sido adecuada para la propagación de plantas de zonas áridas. Se tienen ya varios reportes de especies de cactáceas que se han regenerado *in vitro* (Kolar *et al.*, 1976; Martínez-Vázquez y Rubluo, 1989; Pérez-Molphe, 1998). Rubluo *et al.* (1993) conciben este uso del CTV como una aplicación inmediata para la conservación, no sólo de cactáceas, sino en general de especies vegetales amenazadas.

A casi 20 años del primer cultivo *in vitro* de *Mammillaria san-angelensis*, los cultivos se conservan activos y en proliferación en un medio sin reguladores de crecimiento, lo cual es benéfico y deseable para reducir los riesgos de que se presenten cambios genéticos en los organismos obtenidos. Cuando las plantas regeneradas forman raíces, se les establece en el invernadero del Instituto de Biología; algunas se incorporan al área de Colecciones del Jardín Botánico y muchas otras se ponen a la venta en la tienda "Tigridia" del Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM (JBIB-UNAM). Otras más se utilizan como material didáctico en cursos de educación ambiental para difundir la importancia del cuidado de la naturaleza.

De las plántulas de *M. san-angelensis* regeneradas *in vitro* que se obtuvieron a finales de la década de 1980 a partir del trabajo de A. Rubluo, se plantaron algunas alrededor del único ejemplar silvestre que conservaba el JBIB-UNAM. Una vez que se establecieron estas plántulas, se pudo observar que su floración se dio durante septiembre-octubre, en la misma época que floreció el ejemplar silvestre. Lamentablemente este último fue sustraído de manera ilegal de los terrenos del JBIB-UNAM poco después de que se introdujeron los ejemplares producidos por CTV.

Diez años después de que se ensayó la regeneración *in vitro* de *M. san-angelensis*, se llevó a cabo un estudio citogenético sobre el estado del ADN y el nivel de ploidía de las plántulas regeneradas por esa vía, las cuales se cultivaron durante siete años en presencia de auxinas. Entre las plantas del lote testigo (tanto plantas adultas cultivadas en el invernadero, como plántulas jóvenes mantenidas *in vitro* pero sin la adición de reguladores



FIG. 4. Cultivo *in vitro* de *M. san-angelensis*.

de crecimiento) se encontró una condición diploide, sin diferencias en el cariotipo, ni en el contenido de ADN (2C) entre individuos. Sin embargo, en el lote de plantas cultivadas en presencia de auxinas se encontraron células con endopoliploidía (2C, 4C, 8C y 16C) (Palomino *et al.*, 1999). En otro estudio realizado por Marín-Hernández (1998) se obtuvieron células proembrionarias a partir del cultivo de óvulos inmaduros; las células proembrionarias se consideran etapas tempranas de embriones somáticos o posiblemente gaméticos. Además, esta autora también logró regenerar brotes vía organogénesis directa e indirecta. En el Apéndice 1 se describe a grandes rasgos el proceso que se ha seguido en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del JBIB-UNAM para propagar a *M. san-angelensis*.

Discusión y conclusiones

El objetivo central de este capítulo ha sido analizar el estado de conservación de la Reserva del Pedregal de San Ángel con base en una evaluación del desempeño de dos de sus especies más vulnerables, *Mammillaria magnimamma* y *M. san-angelensis*. Este objetivo se desprende del planteamiento de que el estado de conservación de un ecosistema se puede analizar con base en el desempeño de sus especies más vulnerables (Primack, 1993; Soulé, 1993). Quizá la primera pregunta que emerge de nuestro análisis es si las dos mamilarias estudiadas realmente funcionan como "termómetros" que reflejan en alguna medida el estado de conservación del ecosistema a un nivel más global. Consideramos que la respuesta difiere para cada una de las especies consideradas, como se discute a continuación.

La abundancia de *M. magnimamma* en la Reserva del Pedregal es suficientemente alta como para permitir un análisis demográfico detallado y un seguimiento de su desempeño y de sus cambios en densidad a través del tiempo. Según la información con la que se cuenta, efectivamente esta especie presenta cierta vulnerabilidad a los disturbios (al menos los asociados al fuego) y, por lo tanto, nos puede ayudar a evaluar los cambios en el estado de conservación de la Reserva. Para esto, sería importante hacer un seguimiento a largo plazo de su dinámica poblacional y registrar los cambios en su densidad poblacional. La percepción de que sus poblaciones han disminuido en las últimas décadas (S. Castillo, com. pers.) coincide con que sus tasas de crecimiento poblacional en los años de estudio mostraron valores por debajo de la unidad en tres de las cuatro matrices construidas (Tabla 1). Entonces, podemos sugerir que *M. magnimamma* se encuentra en un precario estado de conservación en la Reserva. Por lo anterior, es fundamental tomar medidas para protegerla de los crecientes disturbios y asegurarnos de que su área no sufra más reducciones.

Con respecto a *M. san-angelensis*, su abundancia en la Reserva del Pedregal es tan reducida, que no nos permite utilizarla de manera efectiva como una especie indicadora del estado de conservación de la misma. No es posible realizar un estudio demográfico robusto en una

población tan pequeña. Los tamaños de muestra tan reducidos impiden documentar el estatus de conservación de muchas especies raras (de Kroon *et al.*, 2000).

Cabe preguntarse, sin embargo, si *M. san-angelensis* ha visto su densidad reducida en las últimas décadas como producto de los cambios que ha sufrido el Pedregal de San Ángel y que ya hemos discutido. Realmente es imposible responder a esa pregunta, en vista de que no se cuenta con información fidedigna al respecto. De acuerdo con la opinión de ciertos investigadores, su abundancia siempre ha sido sumamente reducida en el Pedregal de San Ángel (S. Castillo, com. pers.). Si la identidad del taxón realmente corresponde a *M. haageana*, según la propuesta de Guzmán *et al.* (2003), probablemente la población del Pedregal de San Ángel es tan escasa debido a que se encuentra cerca de los límites de su área de distribución. Sin embargo, no cabe duda de que uno de los factores que la ha afectado es la extracción ilegal de ejemplares, como los investigadores del JBIB-UNAM pudieron constatar en el momento en el que se introdujeron plantas de esta especie regeneradas *in vitro* a la colección del mismo Jardín Botánico. Esta extracción de ejemplares probablemente se ha agravado a partir de que se le clasificó como una especie en peligro de extinción. Esto sugiere que asignarle una categoría de amenaza a especies naturalmente escasas y de valor ornamental puede resultar contraproducente, pues las convierte automáticamente en un bien altamentepreciado por los coleccionistas.

Claramente la mejor opción para proteger a *M. san-angelensis*, es el cultivo y propagación *in vitro*, pues de esa manera se pueden producir plantas para la venta, lo cual permitirá reducir la presión de colecta sobre su población natural. Además, eventualmente se podrán reintroducir algunos de estos ejemplares a la misma Reserva con el objeto de aumentar su tamaño poblacional. Unos de los problemas de poblaciones vegetales tan escasas y dispersas es que con frecuencia el éxito reproductivo de sus individuos es muy reducido, pues los polinizadores casi nunca encuentran simultáneamente a dos individuos en flor, por lo que la polinización cruzada no se efectúa y no se forman semillas. Esta es una forma del llamado efecto Alleé, el cual puede determinar el colapso de poblaciones sumamente pequeñas (Primack, 1993). La introducción dirigida de ejemplares producidos *in vitro* a sitios específicos de la Reserva (e.g., cerca

de individuos de *M. san-angelensis* establecidos naturalmente) podría ayudar a reducir el efecto Alleé y permitir que la población se recuperara en alguna medida. Sin embargo, es importante que los individuos que se introduzcan no presenten anomalías genéticas y tengan un genotipo diferente del de los individuos en cuyo vecindario se localizarían (Piña-Poujol *et al.*, 2007).

El valor ecológico de nuestra Reserva es incalculable en todos los sentidos. Atendamos a las señales de alarma que sus especies vulnerables nos envían y redoblemos nuestros esfuerzos para asegurar su permanencia a largo plazo.

Apéndice 1. Proceso de micropropagación de *Mammillaria san-angelensis*

1. A partir de cultivos *in vitro* y bajo condiciones asépticas, elegir los brotes de al menos 1 cm de altura, disectar el ápice (0.3–0.5 cm) y dividir longitudinalmente la parte restante del tallo.
2. Sembrar los explantes con la superficie de corte en contacto con el medio de cultivo.
3. El medio de cultivo a utilizar es el Murashige y Skoog (1962) modificado, reducido a la mitad de la concentración original de sus componentes, con sacarosa 30g/l, pH 5.7, sin reguladores de crecimiento.
4. Al término del primer mes de cultivo, los ápices habrán iniciado la formación de raíces. En los explantes longitudinales, se habrá formado callo en parte del área de corte y algunas areolas habrán iniciado su crecimiento a manera de un pequeño nódulo.
5. Al término del tercer o cuarto mes de iniciados los cultivos, en los explantes longitudinales, se habrán diferenciado pequeños brotes a partir de las areolas, así como en otras zonas de los mismos. El callo habrá aumentado su volumen y habrá diferenciado brotes.
6. A los seis o siete meses a partir de la siembra, el medio de cultivo habrá disminuido y estará deshidratado, observándose un mayor número de brotes. Algunos de ellos habrán formado raíces, los que podrían individualizarse. Los brotes formados en callo comúnmente no forman raíces, por lo que requieren ser individualizados y plantados directamente sobre el medio de cultivo.
7. Los brotes con raíces se podrán extraer de los frascos de cultivo, y entonces proceder a enjuagarlos con agua corriente para eliminar restos del medio de cultivo. Es conveniente dejar las plántulas durante una semana a temperatura ambiente sobre papel absorbente y luego plantarlas en sustrato de tierra negra con tepojal (3:1).

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Antonio Lot Helgueras, Secretario Ejecutivo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, la invitación a participar en la presente publicación. Asimismo, agradecemos a nuestros estudiantes su valioso esfuerzo, pues muchos de los trabajos aquí referidos corresponden a tesis de licenciatura o posgrado realizadas por ellos. Reconocemos el apoyo de la Dra. Mariana Hernández Apolinar durante la edición de este escrito. Los trabajos sobre *M. magnamma* dirigidos por la Dra. Valverde fueron apoyados por el proyecto CONACyT 3181P-N9607.

Literatura citada

- ANDERSON E. F., S. ARIAS MONTES Y N. P. TAYLOR 1994. Threatened cacti of Mexico. Royal Botanical Gardens, Kew.
- BRAVO-HOLLIS, H. 1978. Las cactáceas de México. Vol 1, 2ª. ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BRAVO-HOLLIS, H. Y H. SÁNCHEZ-MEJORADA. 1991. Las cactáceas de México. 2ª. ed. Vols. 2 y 3. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CARRILLO-TRUEBA, C. 1995. El Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CASTILLO-ARGÜERO, S., G. MONTES-CARTAS, M. A. ROMERO ROMERO, Y. MARTÍNEZ OREA, P. GUADARRAMA CHÁVEZ, I. SÁNCHEZ GALLÉN Y O. NÚÑEZ CASTILLO. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la reserva ecológica del Pedregal del San Ángel. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **63**: 67-74.
- CHÁVEZ, V. M., S. L. CABRERA, R. E. LITZ Y P. A. MOON, 2007. Recovery of difficult to regenerate species: The cycad example. *Acta Horticulturae*, **738**: 51-61.
- DE KROON, H., J. M. VAN GROENENDAEL Y J. EHRLÉN. 2000. Elasticities: a review of methods and model limitations. *Ecology*, **81**: 607-618.
- GEORGE, E. F. 1993. Plant propagation by tissue culture. Exegetics Ltd., London.
- GODÍNEZ-ALVAREZ, H., T. VALVERDE Y P. ORTEGA-BAES, 2003. Demographic trends in the Cactaceae. *The Botanical Review*, **69**: 173-203.
- GUZMÁN, U., S. ARIAS Y P. DÁVILA, 2003. Catálogo de cactáceas Mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México-CONABIO, México, D.F.
- HERNÁNDEZ, H. M. Y H. GODÍNEZ, 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botanica Mexicana*, **26**: 33-52.
- HUNT, D. 1992. CITES Cactaceae checklist. Royal Botanical Gardens. Kew. U.K.
- IUCN (INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE). 1985. Rare and threatened plant List Threatened Plant Committee Botanic Gardens Conservation, Coordinating Body, Kew, England.
- KOLAR, Z., BARTEK, J. Y VISKOT, B. 1976. Vegetative propagation of the cactus *Mammillaria woodsii* through tissue cultures. *Experiencia*, **32**: 668-669.
- LITZ, R. E., V. M. CHÁVEZ Y P. A. MOON. 1998. Induction of embryogenic cultures from mature phase tropical and subtropical trees and control of somatic embryomaturation and germination. Pp. 232-243, en: International Foundation for Science (IFS) (ed.). Recent advances in biotechnology for tree conservation and management. Estocolmo, Suecia.
- MARÍN HERNÁNDEZ, T. N. J. 1998. Inducción de respuestas morfogénicas *in vitro* en *Mammillaria san-angelensis* Sánchez-Mejorada, especie en peligro de extinción. Tesis Doctorado en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- MARTÍNEZ-VÁZQUEZ, O. Y A. RUBLUO. 1989. *In vitro* mass propagation of the near extinct *Mammillaria san-angelensis* Sánchez-Mejorada. *Journal of Horticultural Science*, **64**: 99-105.
- MOEBIUS-GOLDAMMER, K. G., M. MATA-ROSAS Y V. M. CHÁVEZ-AVILLA. 2003. Organogenesis and somatic embryogenesis in *Ariocarpus kotschoubeyanus* (Lem.) K. Schum. (Cactaceae) an endemic and endangered Mexican species. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant* **39**: 388-393.
- MURASHIGE, T. 1974. Plant propagation through tissue culture. *Annual Review of Plant Physiology*, **25**: 135-166.
- MURASHIGE, T. Y F. SKOOG, 1962. a revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiologia Plantarum*, **5**: 473-497.
- NOM-ECOL-059-2001. Norma Oficial Mexicana de Especies en Peligro de Extinción. Diario Oficial de la Federación. 6 de marzo de 2002.
- PALOMINO, G., J. DOLOZEL, R. CID, I. BRUNNER, I. MÉNDEZ Y A. RUBLUO. 1999. Nuclear genome stability of *Mammillaria san-angelensis* (Cactaceae) regenerants induced by auxins in long-term *in vitro* culture. *Plant Science*, **14**: 191-200.
- PÉREZ-MOLPHE, E., M. E. PÉREZ-REYES, E. VILLALOBOS-AMADOR, E. MEZA-RANGEL, L. R. MORONES-RUIZ Y H. J. LIZALDE-VIRAMONTES. 1998. Micropropagation of 21 species of Mexican cacti by axillary proliferation. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant* **34**: 131-135.
- PRIMACK R. B. 1993. Essentials of Conservation Biology. Sinauer Associates, Inc. Cambridge, Massachusetts.

- PIÑA-POUJOL, P., T. VALVERDE Y J. REYES-SANTIAGO. 2007. Propagación de la especie en peligro de extinción *Echeveria laui* con fines de conservación. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* **52**: 4-9.
- QUIJAS-FONSECA, S. 1999. Análisis demográfico por edades de *Mamillaria magnimamma*. Tesis Profesional. UNAM. México.
- RAMÍREZ-MALAGÓN, R., AGUILAR-RAMÍREZ, I., BORO-DANENKO, A., PÉREZ-MORENO, L., BARRERA-GUERRA, J. L., H. G. NÚÑEZ-PALENIUS, Y N. OCHOA-ALEJO. 2007. *In vitro* propagation of ten threatened species of *Mamillaria* (Cactaceae). *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, **43**: 660-665.
- RUBLUO, A., V. CHÁVEZ, A.P. MARTÍNEZ Y O. MARTÍNEZ-VÁZQUEZ. 1993. Strategies for the recovery of endangered orchids and cacti through *in vitro* culture. *Biological Conservation*, **63**: 163-169.
- RUEDAS, M., T. VALVERDE Y S. CASTILLO. (2000). Germinación y crecimiento temprano de *Mamillaria magnimamma*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **66**: 25-35.
- RZEDOWSKI, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, **8**: 59-129.
- SOULÉ M. E. 1993. Viable Populations for conservation. Cambridge University Press. Cambridge.
- VALIENTE-BANUET, A. Y E. G. DE LUNA, 1994. Una lista florística para la reserva del Pedregal de San Ángel. Pp. 67-82. En: Rojo, A. (Comp.). Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México.
- VALVERDE T., M. L. TREJO Y S. CASTILLO, 1999. Patrón de distribución y abundancia de *Mamillaria magnimamma* en la reserva del Pedregal de San Ángel, México D.F. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, **44**: 64-74.
- VALVERDE, T., S. QUIJAS, , M. LÓPEZ-VILLAVICENCIO Y S. CASTILLO. 2004. Population dynamics of *Mamillaria magnimamma* Haworth. (Cactaceae) in a lava-field in central Mexico. *Plant Ecology*, **170**: 167-184.

Riqueza florística, estado de conservación y densidad de eucaliptos en cinco zonas de amortiguamiento y un área natural no protegida de Ciudad Universitaria

Melina Cecilia Maravilla-Romero y Zenón Cano-Santana

Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de México
zcs@fciencias.unam.mx

Introducción

La protección de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA) tiene como objetivo primordial preservar uno de los ecosistemas más interesantes en el país, asegurando el equilibrio, la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos y la preservación de las especies. Ésta proporciona diversos servicios ambientales a los habitantes de la ciudad de México y un campo propicio para la investigación (Cano-Santana *et al.*, 2006).

Desde su creación el 30 de septiembre de 1983, la REPSA ha enfrentado diversas transformaciones en su superficie y distribución (Rojo, 1994; de la Fuente, 2005; Cano-Santana *et al.*, 2006, 2008). Dos de los cambios más radicales ocurrieron en 1996 y en 2005. En el primero de ellos, se crearon las llamadas "Áreas Verdes de Manejo Especial" o AVMEs, las cuales en su mayoría eran los camellones de los circuitos universitarios que aún mantenían elementos florísticos naturales propios del ecosistema, así como un sustrato basáltico original; sin embargo, en el decreto que las creaba se especificaba que éstas estuvieran fuera de la Reserva Ecológica (Bye *et al.*, 1996; Sarukhán, 1997). En el segundo, se logró un gran avance: las AVMEs fueron incorporadas casi en toda su superficie dentro de los terrenos asignados como zonas de amortiguamiento de la Reserva Ecológica (de la Fuente, 2005), esto a pesar de la ausencia de datos de la diversidad biótica y estado de conservación de estos sitios.

Las zonas de amortiguamiento son los espacios definidos por su capacidad para minimizar el impacto de las actividades humanas que se realizan en el entorno inmediato a las zonas núcleo de las áreas naturales protegidas, y su finalidad es proteger la integridad de la misma (Hall y Rodgers; 1992). Por lo anterior, la elección, modificaciones y manejo que se haga de las zonas de amortiguamiento pueden afectar de forma trascendente a los elementos bióticos y abióticos del área núcleo. Por ello, estas zonas requieren de un manejo especial que garantice la conservación del área protegida a largo plazo (Moscoso, 2003).

Las zonas de amortiguamiento de la REPSA, al estar expuestas a las actividades humanas, soportan una serie de disturbios que merecen ser valorados. La falta de control en el acceso, la introducción de especies exóticas, la extracción y desplazamiento de especies nativas, el depósito de basura y cascajo, la construcción de nuevos edificios e infraestructura y la ampliación de los circuitos universitarios han traído consigo el deterioro y la fragmentación de dichos sitios.

Desde antes de su creación muchas de estas áreas de amortiguamiento mantienen poblaciones de árboles de eucalipto, una planta exótica de origen australiano, introducida en 1951 en la reforestación de dichos sitios. Esta actividad ha tenido severos efectos negativos sobre la comunidad y el ecosistema de la REPSA (Segura-Burciaga, 1995): (1) las sustancias alelopáticas que liberan al suelo tienen un efecto dañino sobre la microbiota edáfica (Espinosa-García, 1996) y su hojarasca



FIG. 1. Localización de los nueve sitios de estudio. El significado de los símbolos se encuentra en la Tabla 1.

reduce la velocidad de descomposición (Toky y Singh, 1993), (2) las recompensas que ofrecen sus flores provocan la muerte de abejas y abejorros (Cano-Santana *et al.*, 2006); (3) compiten con gran ventaja con las plantas nativas gracias a que registran un rápido crecimiento, un fuerte desarrollo radicular, una alta capacidad de absorción de agua y regeneración de follaje, una evidente resistencia a la sequía, al fuego y a las bajas temperaturas, así como una capacidad de desarrollo exitoso en condiciones de escasez de nutrientes (Pryor, 1976).

En este capítulo se exponen los resultados de un estudio de la valoración de la riqueza florística y estado de conservación de cinco zonas de amortiguamiento de la REPSA, así como de un área natural no protegida adyacente al estacionamiento de profesores de la Facultad de Ciencias con un aparente alto valor para la conservación. Una de las medidas de deterioro que se toma en cuenta, es un análisis de la densidad de eucaliptos en cada sitio de estudio.

Materiales y método

Selección de sitios

Se seleccionaron cinco zonas de amortiguamiento: Bio-médicas (BM), Biológicas (BL), Estadio de Prácticas (EP), Circuito Exterior Norte (N), Circuito Exterior Sur (S) y el área natural no protegida adyacente al estacionamiento de profesores de la Facultad de Ciencias (FC). Como las zonas Circuito Exterior Norte y Circuito Exterior Sur se encuentran fragmentadas éstas se subdividieron de modo que cada uno de sus fragmentos se reconocen como sitios independientes, los cuales fueron denominados como: S1, S2, N1, N2 y N3 (Fig. 1; Tabla 1).

Censo de la flora y estado de conservación

Se llevaron a cabo prospecciones y colectas de las especies vegetales presentes en cada sitio mediante recorridos en cada uno de ellos a partir de junio de 2005 y

Tabla 1. Lista de los sitios de estudio, donde se señala su superficie (ha) y su símbolo.

Zona	Subzona	Símbolo	Superficie (ha)
Facultad de Ciencias		FC	0.97
Circuito Exterior Norte	Circuito Exterior Norte 1	N1	1.04
	Circuito Exterior Norte 2	N2	1.99
	Circuito Exterior Norte 3	N3	0.85
Circuito Exterior Sur	Circuito Exterior Sur 1	S1	1.12
	Circuito Exterior Sur 2	S2	1.39
Estadio de Prácticas		EP	0.64
Biológicas		BL	3.29
Biomédicas		BM	4.45

noviembre de 2006. La clasificación de las especies se basó en la nomenclatura utilizada por Castillo-Argüero *et al.* (2004). Se registraron los disturbios en cada sitio, como presencia de basura, cascajo, fauna nociva, actividad de personas, presencia de indigentes y presencia de caminos y veredas. También se registró cualitativamente la actividad de fauna silvestre (reptiles, aves y mamíferos). Se comparó la composición de especies entre sitios con el índice de similitud de Sørensen (Krebs, 1989), con el cual se construyó un dendrograma mediante el programa BioDiversity Professional ver. 2.

Densidad de eucaliptos

Se hicieron muestreos de la densidad de eucaliptos en noviembre de 2006 como una medida de deterioro con el siguiente método: en FC, EP y N3 se llevó a cabo un censo. En N1, N2, S1, S2 y BL se trazaron cuadros de 10 × 10 cada 10 m a lo largo de transectos de 50 m alineados a 2 m de la línea de borde, que es donde se concentran los eucaliptos. En BM se trazaron transectos en el centro de la zona, ya que allí la distribución de eucaliptos era uniforme. El número de transectos trazados varió de acuerdo con la superficie de cada sitio, a razón de un transecto por ha de terreno. En todos los casos se registró el diámetro a la altura del pecho de todos los árboles de eucalipto que tuvieran una altura mínima de 2 m.

Valor de cada zona para la conservación

Considerando nueve parámetros: la superficie de cada zona, su distancia a la zona núcleo, su riqueza específica, el número de especies nativas, exóticas y malezas, su densidad de eucaliptos, la cantidad de desechos que alberga, la cantidad de caminos, la carga de visitas, la actividad de fauna feral (perros y gatos) y la actividad de fauna silvestre (reptiles, aves y mamíferos), se calculó un índice de valor para la conservación, que denota la suma de puntos que tiene cada sitio por cada parámetro medido. Se le otorga cero puntos al sitio más pobre para la conservación, uno al siguiente, dos al que sigue y así sucesivamente hasta otorgar ocho puntos al sitio más valioso. En caso de que dos sitios tengan el mismo valor en un parámetro, se les asignan a ambos los puntos correspondientes al promedio de la suma de los rangos (ver, p. ej., Cano-Santana *et al.*, 2008).

Resultados

Flora

En las nueve áreas estudiadas se registró un total de 175 especies (Apéndice 1), las cuales pertenecen a 69 familias y 137 géneros. La familia mejor representada

Apéndice 1. Lista de especies vegetales registradas en cada uno de los sitios de estudio. Los símbolos están representados en la Tabla 1. 0 denota ausencia y 1 presencia.

Nombre científico	Familia	FC	N1	N2	N3	S1	S2	EP	BL	BM
<i>Aeonium arboreum</i> (Nich.) Bgr.	Crassulaceae	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck	Agavaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ageratum corymbosum</i> Zuccagni	Asteraceae	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amaranthaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Anoda cristata</i> (L.) Schltdl.	Malvaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Archibaccharis serratifolia</i> (Kunth) S.F.Blake	Asteraceae	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Arracacia toluensis</i> (Kunth) Hemsl.	Apiaceae	1	0	1	0	0	0	1	0	1
<i>Asclepias linaria</i> Cav.	Asclepiadaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Asplenium praemorsum</i> Sw.	Aspleaniaceae	0	0	1	1	0	1	0	1	1
<i>Baccharis serraefolia</i> DC.	Asteraceae	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Baccharis sordescens</i> DC.	Asteraceae	1	1	0	0	0	1	1	1	0
<i>Begonia gracilis</i> Kunth	Begoniaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Bidens lemmonii</i> A.Gray	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Bidens odorata</i> Cav.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Bidens pilosa</i> L.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Bidens serrulata</i> (Poir) Desf.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	Nyctaginaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schltdl.	Rubiaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Brickellia secundiflora</i> (Lag.) A.Gray	Asteraceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Brickellia veronicifolia</i> (Kunth) A.Gray	Asteraceae	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Bromus carinatus</i> Hook. et Arn.	Poaceae	0	1	0	1	0	0	0	1	1
<i>Brongniartia intermedia</i> Moric.	Fabaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Buddleia cordata</i> Kunth	Loganiaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Bursera cuneata</i> Engl.	Burseraceae	1	1	0	1	1	1	0	1	1
<i>Calliandra grandiflora</i> (L'Her.) Benth.	Mimosaceae	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Calochortus barbatus</i> (Kunth) J.H.Painter	Calochortaceae	1	1	1	1	1	1	0	0	1
<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	Sapindaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarinaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Catharanthus</i> sp.	Apocynaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cheilanthes bonariensis</i> (Willd). Proctor.	Adiantaceae	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Cheilanthes lendigera</i> (Cav.) Sw.	Adiantaceae	1	1	1	1	1	1	0	0	1
<i>Cheilanthes myriophylla</i> Desv.	Adiantaceae	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Cheilanthes sinuata</i> (Lag. Ex. Sw.) Domin	Adiantaceae	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	Chenopodiaceae	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cissus sicyoides</i> L.	Vitaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Commelina coelestis</i> Willd. var <i>coelestis</i> Willd.	Commelinaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	Commelinaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Convolvulos arvensis</i> L.	Convolvulaceae	0	0	0	1	0	0	1	0	0

<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	Asteraceae	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Conyza coronopifolia</i> Kunth	Asteraceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Conyza sophiifolia</i> Kunth	Asteraceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	Asteraceae	1	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Crotalaria pumila</i> Ortega	Fabaceae	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Crusea diversifolia</i> (Kunth) W.R.Anderson	Rubiaceae	0	0	0	1	0	1	0	0	1
<i>Crusea longifolia</i> (Willd. ex Roem. et Schult.) W.R.Anderson	Rubiaceae	0	0	1	1	0	1	0	0	1
<i>Cuphea wrightii</i> A.Gray	Lythraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Cupressaceae	0	0	0	1	0	0	0	1	0
<i>Cyperus esculentus</i> L.	Cyperaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cyperus seslerioides</i> Kunth	Cyperaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	Woodsiaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Dahlia coccinea</i> Cav.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Dahlia pinnata</i> Cav.	Asteraceae	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Dalea leporina</i> (Aiton) Bullock	Fabaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Datura stramonium</i> L.	Solanaceae	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Dicliptera peduncularis</i> Nees	Acanthaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Dioscorea galeottiana</i> Kunth	Dioscoreaceae	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	Sapindaceae	1	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Drymaria laxiflora</i> Benth.	Caryophyllaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Echeandia mexicana</i> Cruden	Anthericaceae	0	0	0	1	1	1	0	0	1
<i>Echeveria gibbiflora</i> DC.	Crassulaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link.	Poaceae	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Eruca sativa</i> (L.) Mill.	Brassicaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Erythrina coralloides</i> DC.	Leguminosae	0	1	1	1	0	1	0	1	0
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Myrtaceae	0	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Eucalyptus resinifera</i> Smith	Myrtaceae	0	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Eupatorium petiolare</i> Moc. et Seseé ex DC.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Euphorbia dentata</i> Michx.	Euphorbiaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Euphorbia graminea</i> Jacq.	Euphorbiaceae	0	0	0	1	0	0	1	0	1
<i>Euphorbia potosina</i> Fernald	Euphorbiaceae	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Fabaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	Oleaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Gaudichaudia cynanchoides</i> Kunth	Malpighiaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Geranium seemanii</i> Peyr.	Geraniaceae	0	0	1	1	0	1	1	0	1
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	Asteraceae	1	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> DC.	Asteraceae	1	1	0	1	0	1	0	1	1
<i>Habenaria novemfida</i> Lindl.	Orchidaceae	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Habranthus concolor</i> Lindl.	Amoryllidaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Heliconia</i> sp.	Heliconiaceae	0	0	0	1	0	1	0	1	1
<i>Heterosperma pinnatum</i> Cav.	Asteraceae	1	0	0	0	0	0	0	0	1

<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth.	Convolvulaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ipomoea</i> sp.	Convolvulaceae	0	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Ipomoea trifida</i> Kunth	Convolvulaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Iresine cassiniiformis</i> Schauer	Amaranthaceae	1	1	0	1	0	1	1	0	1
<i>Iresine diffusa</i> Humb. et Bonpl. ex Willd.	Amaranthaceae	1	1	1	1	1	1	1	0	1
<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less.	Asteraceae	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Lagascea rigida</i> (Cav.) Stuessy	Asteraceae	0	0	1	0	0	1	0	0	1
<i>Lamourouxia</i> sp.	Scrophulariaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R.Br.	Lamiaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Lepidium sordidum</i> A. Gray	Brassicaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Lepidium virginicum</i> L.	Brassicaceae	1	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Lilium candidum</i> L.	Liliaceae	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Lopezia racemosa</i> Cav.	Onagraceae	0	0	1	0	0	0	0	1	1
<i>Macroptilium gibbosifolium</i> (Ortega) A. Delgado	Fabaceae	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Mammillaria magnimamma</i> Haw.	Cactaceae	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Manfreda scabra</i> (Ortega) McVaugh	Agavaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Medicago sativa</i> L.	Fabaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Metastelma angustifolium</i> Torr.	Asclepiadaceae	0	1	1	0	0	1	0	0	1
<i>Microchloa kunthii</i> Desv.	Poaceae	1	0	0	1	0	0	0	1	1
<i>Milla biflora</i> Cav.	Alliaceae	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Mirabilis jalapa</i> L.	Nyctaginaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Muhlenbergia rigida</i> (Kunth) Kunth	Poaceae	0	0	1	0	1	1	0	0	1
<i>Muhlenbergia robusta</i> (E.Fourn.) Hitchc.	Poaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Solanaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Oenothera pubescens</i> Willd. ex Spreng.	Onagraceae	0	0	0	1	1	1	0	1	1
<i>Oenothera purpusii</i> Munz	Onagraceae	0	0	1	1	0	0	0	1	0
<i>Oenothera rosea</i> L'Her. ex Aiton	Onagraceae	1	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck	Cactaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae	0	0	0	0	1	1	0	0	1
<i>Oxalis divergens</i> Benth. ex Lindl.	Oxalidaceae	1	1	1	1	0	0	1	0	0
<i>Oxalis tetraphylla</i> Cav.	Oxalidaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Passiflora subpeltata</i> Ortega	Passifloraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Paspalum tenellum</i> Willd.	Poaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Pelargonium zonale</i> (L.) L'Hérit.	Geraniaceae	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Pellaea ovata</i> (Desv.) Weath.	Adiantaceae	1	0	1	0	0	1	0	1	1
<i>Pellaea sagittata</i> (Cav.) Link	Adiantaceae	1	0	1	0	0	1	1	0	1
<i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link	Adiantaceae	0	0	1	1	0	1	0	1	1
<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	Poaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Penstemon roseus</i> (Sweet) G. Don	Scrophulariaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Peperomia campyloptropa</i> A.W. Hill	Piperaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	Fabaceae	0	0	0	0	0	1	0	0	0

<i>Phaseolus pauciflorus</i> Seseé et Moc.	Fabaceae	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Phaseolus pedicellatus</i> Benth.	Fabaceae	0	0	1	1	0	1	1	1	1
<i>Phaseolus pluriflorus</i> Marechal, Mascherpa et Stanier	Fabaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Phlebodium areneousum</i> (M. Martens et Galeotti) Mikel et Beitel	Polypodiaceae	1	1	1	1	1	1	0	0	1
<i>Phlebodium areolatum</i> (Humb. Et Bonpl. ex Willd.) J.Sm.	Polypodiaceae	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Physalis coztomatl</i> Dunal	Solanaceae	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phytolacca icosandra</i> L.	Phytolaccaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Plumbago pulchella</i> Boiss.	Plumbaginaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Polanisia uniglandulosa</i> (Cav.) DC.	Capparaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Polypodium polypodioides</i> (L.) Watt	Polypodiaceae	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polypodium thysanolepis</i> A.Br. ex Klotzsch	Polypodiaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Prunus capuli</i> Cav.	Rosaceae	1	1	0	1	0	0	0	1	1
<i>Quamoclit gracilis</i> Kunth	Convolvulaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Reseda luteola</i> L.	Resedaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E.Hubb.	Poaceae	1	1	1	1	1	1	1	0	1
<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Rubus liebmannii</i> Focke	Rosaceae	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Salvia mexicana</i> Seseé et Moc.	Lamiaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Salvia tiliifolia</i> Vahl	Lamiaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Sedum oxypetalum</i> Kunth	Crassulaceae	0	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Sellaginella lepidophylla</i> (Hook. et Greville) Spring	Sellaginellaceae	1	1	0	1	1	1	0	1	1
<i>Sellaginella sellowii</i> Hieron.	Sellaginellaceae	1	1	0	1	1	1	0	1	1
<i>Senecio praecox</i> (Cav.)DC.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Senna septemtrionalis</i> (Viv.) H.S.Irwin et Barneby	Caesalpinaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Setaria</i> sp.	Poaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Sicyos deppei</i> G.Don	Cucurbitaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Sida rhombifolia</i> L.	Malvaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Sisymbrium altissimum</i> L.	Brassicaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Solanum</i> sp.	Solanaceae	1	1	1	0	0	0	1	1	1
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Spiranthes cinnabarina</i> (Lex.) Hemsl.	Orchidaceae	1	0	1	1	0	1	0	0	0
<i>Stevia ovata</i> Willd.	Asteraceae	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stevia salicifolia</i> Cav.	Asteraceae	1	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Tagetes lunulata</i> Ortega	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Talinum napiforme</i> DC.	Portulacaceae	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	Portulacaceae	0	0	0	1	0	1	1	0	0
<i>Tecoma stans</i> (L.) Kunth	Bignoniaceae	0	1	1	0	0	0	1	1	0
<i>Tigridia pavonia</i> (L.f.) DC.	Iridaceae	0	1	0	0	0	0	0	0	0

<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	Bromeliaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Tinantia erecta</i> (Jacq.) Schlecht.	Commelinaceae	0	0	1	0	0	0	1	1	0
<i>Tithonia tubaeformis</i> (Jacq.) Cass.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.	Commelinaceae	0	0	0	1	0	1	0	0	1
<i>Tripogandra purpurascens</i> (S.Schauer) Handlos	Commelinaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Tripsacum dactyloides</i> (L.) L.	Poaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Tropaeolum majus</i> L.	Tropaeolaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Verbena carolina</i> L.	Verbenaceae	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Verbesina virgata</i> Cav.	Asteraceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Villadia misera</i> (Lindl.) R.T.Clausen	Crassulaceae	0	1	1	0	0	1	0	0	1
<i>Wigandia urens</i> (Ruiz et Pav.) Kunth	Hydrophyllaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Yucca</i> sp.	Agavaceae	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Zephyranthes fosteri</i> Traub	Amoryllidaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Zinnia peruviana</i> (L.)L.	Asteraceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1

fue Asteraceae con 32 especies, seguida de Fabaceae y Poaceae con 10 especies cada una (Fig. 2). La forma de crecimiento dominante es la herbácea con 133 especies, seguida de la arbustiva con 30 especies y la arbórea con 12 especies. Por forma de vida, las criptófitas agruparon 46 especies, seguida de las terófitas con 43 y las hemicriptófitas con 36. Por otra parte, 128 especies fueron perennes y 47 anuales.

Se registraron 125 especies en N3 y BM, 117 en S2, 108 en FC, 106 en N2, 100 en N1, 97 en BL, 91 en S1 y 83 en EP (Apéndice 1).

Se detectó la presencia de especies exóticas, tales como: *Bougainvillea glabra* Choisy, *Catharanthus* sp., *Eucalyptus* spp., *Heliconia* sp., *Lilium candidum* L., *Pelargonium zonale* (L.) L'Hérit., *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. y *Rhynchelytrum repens* (Willd.) C.E.Hubb. (Apéndice 1).

El índice de similitud de Sørensen varió entre 0.73 y 0.86. Siendo los más altos entre los sitios FC y N1 y entre S1 y S2, en ambos casos con un valor de 0.86. En contraste, los sitios más disímiles fueron N3 y EP (0.73), EP y BM (0.74), y EP y S2 (0.75). El dendrograma obtenido (Fig. 3) muestra que FC, N1, S1 y S2 son los sitios más parecidos. Un segundo grupo está integrado por: BL, N2, N3 y BM. La zona EP es la que presenta el menor grado de parecido con el resto de los sitios.

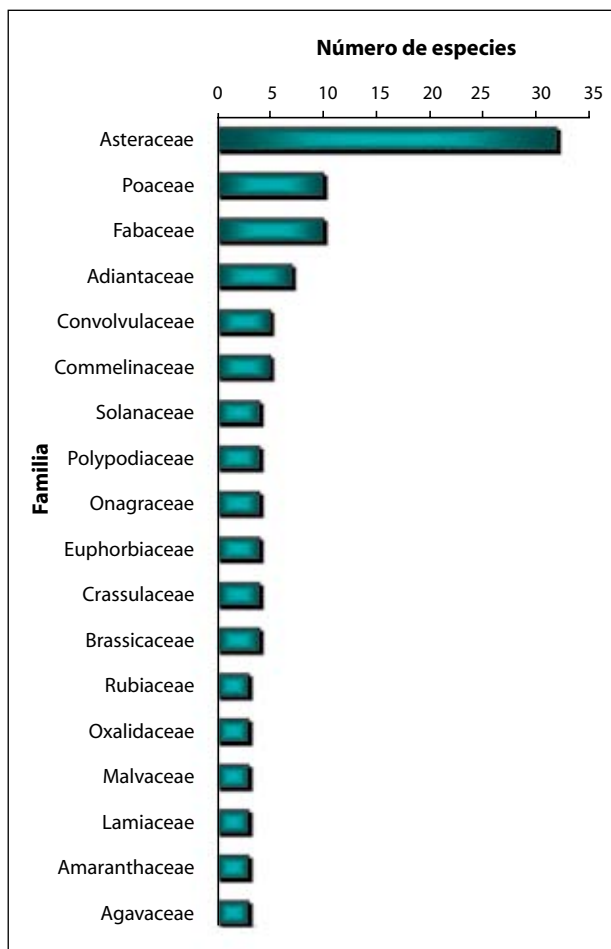


FIG 2. Número de especies por familia registrado en las nueve zonas de estudio.

Estado de conservación y densidad de eucaliptos

Todos los sitios estudiados presentan algún tipo de disturbio (Tabla 2). Los disturbios detectados, ordenados por la frecuencia en la que fueron registrados, fueron: (1) depósito de desechos inorgánicos, (2) depósito de desechos de jardinería, (3) presencia de infraestructura (establecimientos comerciales y caminos pavimentados), (4) presencia de indigentes, (5) depósito de cadáveres de animales domésticos, (6) presencia de sitios de reunión de personas, (7) depósito de cascajo, (8) presencia de veredas, (9) fecalismo al aire libre, e (10) introducción de plantas de ornato.

La densidad de eucaliptos varió de 0 ind/100 m² (registrado en el sitio FC) a 17.3 ind/100 m² (registrado en el sitio N1) (Tabla 3). Los sitios que registran menos de 9 eucaliptos/100 m² fueron, en orden creciente, N3, EP, S2 y S1, en tanto que los que registran más de 9 eucaliptos/100 m² fueron, en orden creciente, BL, N2, BM y N1 (Tabla 3).

Valor de cada zona para la conservación

Con base en los datos del índice de conservación (Tabla 4) se encontró que los sitios más pobres, en orden creciente, fueron: EP (con 17 puntos), S1 (con 26), N3 (29.5), N1 (31), y N2 (con 45), en tanto que los más valiosos fueron, en orden creciente: BL (con 65), BM (62.5), FC (con 61) y S2 (con 59 puntos). El sitio EP basa su valor para la conservación por su cercanía a la zona núcleo y su baja densidad de eucaliptos, en tanto que el sitio BL es muy valioso por su baja cantidad de desechos, caminos, carga de visitas y actividad de fauna feral.

Discusión

El valor de las zonas de amortiguamiento

La elaboración del listado florístico y la detección de los principales disturbios que influyen en el desarrollo y sucesión de estas zonas, permitió cubrir esta primera etapa de conocimiento taxonómico, así como brindar una aproximación sobre la función que desempeñan las zonas de amortiguamiento. Es evidente que estas zonas están sujetas a una serie de presiones de origen antro-

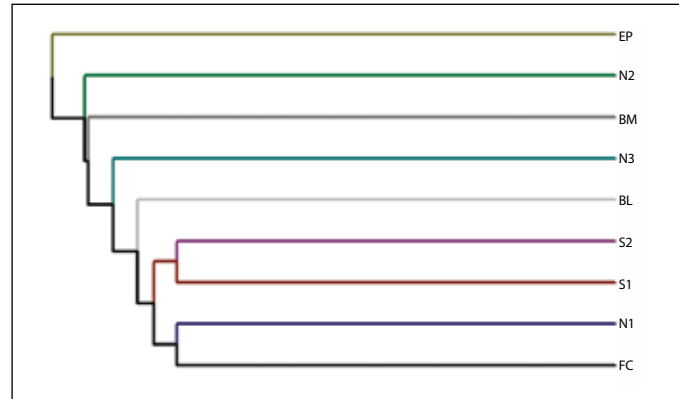


FIG. 3. Dendrograma que relaciona a los sitios de estudio de acuerdo con el índice de similitud de Sørensen.

pogénico que se realizan directamente dentro de su superficie y que de otra forma afectarían directamente a las zonas núcleo.

Las zonas de amortiguamiento minimizan y resguardan a las zonas núcleo de disturbios como: la contaminación auditiva, la acumulación de basura, la carga constante de visitas y la acción de fauna feral, entre otras (Tablas 2 y 4). Asimismo, estas zonas mantienen una alta riqueza específica, resguardando el 51.93% del total de las especies vegetales ya reportadas para la zona núcleo (Castillo-Argüero *et al.*, 2004). La presencia de estas zonas amortiguadoras permite que haya tamaños poblacionales más grandes, mayor viabilidad de las poblaciones silvestres y mayor diversidad en los reservorios genéticos.

El valor del sitio Facultad de Ciencias

El área natural no protegida FC registró un índice de valor para la conservación (61 puntos) más alto que las áreas de amortiguamiento N1, N2, N3, S1, S2 y EP, que registraron entre 17 y 59 puntos (Tabla 4). Sus principales cualidades fueron la ausencia de eucaliptos, presencia de pocas veredas, baja carga de visitantes y alta actividad de fauna silvestre. Por lo anterior, se justifica que este sitio sea considerado seriamente para mantener un estatus de protección a largo plazo.

Tabla 2. Tipos de disturbio que se registran en las nueve áreas verdes de vegetación natural en Ciudad Universitaria.

Sitio	Disturbios detectados
FC	Acumulaciones de basura inorgánica (plásticos, latas, restos de muebles y ropa).
N1	Desechos inorgánicos (ropa, enseres domésticos y cascajo), altares religiosos y desechos de jardinería y cadáveres de animales.
N2	Desechos orgánicos (heces humanas, cadáveres de perros y gatos), presencia de indigentes y lugares de reunión de personas. Su parte central está conservada.
N3	Poca cantidad de basura inorgánica en los bordes del paso peatonal que divide al sitio y que alberga una cafetería. Hay plantas ornamentales sobre todo en su porción noroeste y alrededor de la cafetería.
S1	Montículos de cascajo y basura orgánica e inorgánica (plásticos y latas). Hay un paso peatonal donde se encuentra un establecimiento comercial. La zona central está conservada.
S2	Poca cantidad de basura inorgánica y algunos montículos de desechos de jardinería. Su parte central está bien conservada.
EP	Veredas muy marcadas, espacios muy abiertos con vegetación aplastada, basura inorgánica (plásticos, botes, latas, revistas y ropa), presencia de indigentes y desechos de jardinería.
BL	Zona bien conservada, excepto su parte NE donde se acumuló cascajo, desechos inorgánicos y grandes cantidades de desechos de jardinería. Allí se están llevando a cabo labores de restauración ecológica (Antonio-Garcés, 2008; Antonio-Garcés et al., en este volumen).
BM	Área medianamente conservada. Desechos inorgánicos, presencia de indigentes, presencia de dos pasos peatonales y cadáveres de animales domésticos. Poda de vegetación natural en su extremo norte.

Medidas de protección y viabilidad a futuro

Los sitios estudiados cuentan con pequeñas superficies, están alejadas en mayor o menor grado de las zonas núcleo y están sujetas a constantes y crecientes disturbios, muchos de ellos ocasionados por (1) el crecimiento de la población que usa las instalaciones de Ciudad Universitaria, (2) la introducción de plantas exóticas y animales domésticos, (3) el depósito de desechos, y (4) la ausencia de vigilancia efectiva. Por lo anterior, es urgente la planificación de actividades que aseguren su preservación, principalmente de aquellas

con mayor afectación como: EP, S1 y N3, donde es primordial implementar acciones de restauración y vigilancia. Será necesario que en cada zona se realicen prácticas donde se incluyan en acciones como: (1) supresión de las fuentes de disturbio, (2) extracción de desechos inorgánicos, (3) extracción de desechos de jardinería, (4) recuperación de sustrato basáltico, (5) control de eucaliptos, plantas exóticas y fauna feral, (6) reintroducción de especies nativas, (7) control de plantas arvenses, (7) vigilancia adecuada y constante, (8) colocación de mallas perimetrales que no restrinjan la movilidad de la fauna silvestre, y (9) diseño de un programa de educación ambiental dirigido a visitantes,

Tabla 3. Densidad de eucaliptos (No./100 m²) registrado en los nueve sitios de estudio en Ciudad Universitaria (noviembre 2006). Los cuadros son de 10 × 10 m.

Sitio	No. de individuos	Densidad (No./100 m ²)	Método y tamaño de muestra
FC	0	0	Censo
N1	104	17.3	6 cuadros
N2	61	10.2	6 cuadros
N3	60	0.7	Censo
S1	50	8.3	6 cuadros
S2	31	5.2	6 cuadros
EP	96	1.5	Censo
BL	85	9.4	9 cuadros
BM	104	11.6	12 cuadros

Tabla 4. Índice de valor para la conservación (IVC) de cada sitio de acuerdo con los once atributos calculados. 0 denota el sitio más deteriorado mientras que 8 de nota el sitio más conservado. El IVC señala la suma de todos los puntos asignados por atributo.

Sitio	Área	Distancia a la zona núcleo	Riqueza específica	Especies Nativas	Especies Exóticas	Densidad de eucaliptos	Basura	Caminos	Carga de visitas	Fauna nociva	Fauna silvestre	IVC
FC	2	5	5	5	8	8	5	6	6	5	6	61
N1	3	1	3	3	5	0	3	4	3	3	3	31
N2	6	0	4	4	7	2	4	5	5	4	4	45
N3	1	2	7.5	7	0	7	1	1	1	1	1	29.5
S1	4	3	1	1	3	4	2	2	2	2	2	26
S2	5	4	6	6	1	5	6	7	7	7	5	59
EP	0	6	0	0	5	6	0	0	0	0	0	17
BL1	7	7	2	2	5	3	8	8	8	8	7	65
BM	8	8	7.5	8	2	1	7	3	4	6	8	62.5

¹ Datos del sitio sin considerar la zona noreste que ha estado sujeta a acciones de restauración ecológica de 2005 a la fecha (Antonio-Garcés, 2008; Antonio-Garcés, *et al.*, en este volumen).

estudiantes, personal de vigilancia y jardineros. Sería deseable brindar capacitación y talleres al personal de vigilancia y de jardinería acerca del manejo de este tipo de zonas, así como darle difusión al reglamento interno de la REPSA. Parte de este tipo de actividades se han iniciado con el Programa de Adopción PROREPSA (SEREPSA, 2008).

Es necesario seguir investigando el papel de las plantas exóticas y la fragmentación sobre la pérdida y desplazamiento de especies, ambos factores relacionados con la disminución de la biodiversidad y con alteraciones en la estructura básica de la comunidad de la Reserva del Pedregal (Dobson *et al.*, 1997; Didham y Lawton, 1999). El futuro de dichas zonas aún es muy incierto, si bien

hasta el momento han cumplido su función, considerando que estas zonas amortiguadoras están sujetas a los embates constantes de las actividades humanas es esperable que allí se acentúe el deterioro. Por ello, es deseable que en estas zonas se implemente un plan de protección y manejo que garantice la integridad de las zonas núcleo. La falta de planeación puede traer consigo la aceleración del deterioro de estas zonas (Peña *et al.*, 1998), las cuales representan la primera línea de defensa de la Reserva del Pedregal ante los embates de las actividades humanas. La planeación de un programa integral de protección y manejo de estas zonas redundarán en beneficio de las zonas núcleo, lo cual permitirá que los servicios ambientales que nos ofrece la REPSA se mantengan en el futuro.

Agradecimientos

Este estudio fue realizado gracias al apoyo del proyecto PAPIIT IN222006.

Le agradecemos a Yuriana Martínez Orea por su apoyo en identificar el material botánico. A Jacob Áyala Rogel y Vanesa Becerra Silva por su asistencia en el trabajo de campo. A Marco A. Romero Romero por su asistencia técnica.

Literatura citada

- ÁLVAREZ S. F. J., CARABIAS- LILLO J., MEAVE DEL CASTILLO J., MORENO- CASASOLA P., NAVA- FERNÁNDEZ D., RODRÍGUEZ- ZAHAR F., TOVAR GONZÁLEZ C. Y VALIENTE- BANUET A. 1982. Proyecto para la creación de una reserva en el Pedregal de San Ángel. Serie Cuadernos de Ecología No. 1, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ANTONIO-GARCÉS, J. 2008. Restauración ecológica de la Zona de Amortiguamiento 8 de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BYE, R., A. CABEZA, Z. CANO- SANTANA, J. MEAVE, M. MAZARI Y A. ROJO. 1996. Informe Técnico de la Comisión Especial del Comité Técnico de la Reserva del Pedregal de San Ángel (para redefinir los límites de ésta). Entregado a: Coordinación de la Investigación Científica, UNAM, México. Diciembre, 1996.
- CANO-SANTANA, Z., I. PISANTY, S. SEGURA, P. E. MENDOZA, R. LEÓN-RICO, J. SOBERÓN, E. TOVAR, E. MARTÍNEZ-ROMERO, L. RUIZ Y A. MARTÍNEZ-BALLESTÉ. 2006. Ecología, conservación, restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del Pedregal del Xitle. Pp. 203-226, en: Oyama K. y A. Castillo (comps.). Manejo, conservación y restauración de los recursos naturales en México. Siglo xxi y Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA Z., S. CASTILLO-ARGÜERO, Y. MARTÍNEZ-OREA Y S. JUÁREZ-OROZCO. 2008. Análisis de la riqueza vegetal y el valor de conservación de tres áreas incorporadas a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **82**: 1-14

- CASTILLO-ARGÜERO S., G. MONTES-CARTAS, M. A. ROMERO- ROMERO, Y. MARTÍNEZ-OREA, P. GUADARRAMA-CHÁVEZ, I. SÁNCHEZ-GALLÉN Y O. NÚÑEZ-CASTILLO. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **74**: 51-75.
- DE LA FUENTE, J. R. 2005. Acuerdo por el que se rezonefica, delimita e incrementa la zona de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. *Gaceta UNAM*, **3813**: 19-20.
- DIDHAM, R. K. Y J. H. LAWTON. 1999. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. *Biotropica*, **31**: 17-30.
- DOBSON, A. P., A. D. BRADSHAW Y A. J. M. BAKER. 1997. Hopes for the future: restoration ecology and conservation biology. *Science*, **277**: 515-522.
- ESPINOSA-GARCÍA, F. J. 1996. Revisión sobre la alelopatía de *Eucalyptus L'Herit*, *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **58**: 55-74.
- HALL, J. B. Y W. A. RODGERS. 1992. Buffers at the boundary. En: Rural development forestry network. Network paper.
- KREBS, C. J. 1989. Ecological methodology. Harper & Row, Nueva York.
- MOSCOSO, A. 2003. Desarrollos legales e institucionales sobre áreas protegidas y zonas de amortiguamiento en Bolivia, Ecuador y Perú. Pp. 1-10, en: Las zonas de amortiguamiento: un instrumento para el manejo de la biodiversidad. El caso de Ecuador, Perú y Bolivia. CEBEM-Bolivia, FLASCO Sede Ecuador, Universidad de Córdoba, ZEU-Justus-Liebig-Universitaet Giessen-Alemania y Comunidad Europea.
- PEÑA, A. DURAND L. Y ÁLVAREZ C. 1998. Conservación. Pp. 183- 210, en: Peña Jiménez, A., N. González, L. Loa Loza L. y D. Smith L. (eds.). La diversidad biológica de México: estudio de País 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- PRYOR, L. D. 1976. Biology of eucalyptus. Studies in Biology No. 61. Edward Arnold, Londres.
- RZEDOWSKI, J. Y G. C. RZEDOWSKI. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro, Mich.
- SARUKHÁN, J. 1997. Acuerdo por el que se reestructura e incrementa la zona de la Reserva Ecológica y se declaran las áreas verdes de manejo especial de la Ciudad Universitaria. *Gaceta UNAM*, **3070**: 15-16.
- SEGURA-BURCIAGA, S. G. 1995. Estudio poblacional de *Eucalyptus resinifera* Smith (Myrtaceae) en la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel, C.U., México, D.F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- SEREPSA, 2008. Manual de Procedimientos. Programa de Adopción de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Secretaria Ejecutiva REPSA. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- TOKY, O. P. Y V. SINGH. 1993. Litter dynamics in short-restoration high density tree plantations in an arid region of India. *Agriculture Ecosystems and Environment*, **45**: 129-145.

Elementos para la restauración ecológica de pedregales: la rehabilitación de áreas verdes de la Facultad de Ciencias en Ciudad Universitaria

Pedro Eloy Mendoza-Hernández y Zenón Cano-Santana

Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias

Universidad Nacional Autónoma de México

pemh@fciencias.unam.mx

*A la memoria de
la Sra. Gloria Hernández Flores (1940-1999)
y del Sr. Pedro Cano Santana (1940-2007),
quienes conocieron y amaron
al Pedregal de San Ángel.*

Introducción

El deterioro ambiental de la Cuenca de México ha sido muy acelerado en los últimos 40 años, lo cual ha estado estrechamente relacionado con el incremento de las poblaciones humanas. Durante este periodo, la Zona Metropolitana de la Ciudad de México ha transformado el paisaje natural hasta convertirlo en la inmensa megalópolis que ahora sufrimos. Debido a este desmesurado crecimiento, los bosques y pastizales del sur de la ciudad, el Pedregal de San Ángel, las chinampas, los lagos, ríos, cañadas y hasta tierras de cultivo han cedido su espacio al cemento y al asfalto. El crecimiento de Ciudad Universitaria también ha colaborado, aunque en mucho menor grado, al deterioro de uno de los sistemas biológicos más interesantes de la Cuenca: el Pedregal de San Ángel. Desde 1950, el derrame de lava ha sido el cimiento de unidades habitacionales, colonias populares, zonas residenciales, centros recreativos, deportivos y educativos, oficinas, estacionamientos y centros comerciales, entre muchas otras obras de infraestructura urbana. Una de las primeras edificaciones construidas sobre el Pedregal de San Ángel fue Ciudad Universitaria, la cual alberga el *campus* principal de la Universidad Nacional Autónoma de México. Afortunadamente, el plan de de-

sarrollo de Ciudad Universitaria ha sido benévolo en el sentido de que se le ha dado un lugar muy importante a las áreas verdes. En similar tenor, gracias a la presión de académicos y estudiantes de la Facultad de Ciencias, así como a la sensibilidad de las autoridades universitarias de ese entonces, se logró declarar en 1983 como área ecológica a una zona del *campus* universitario con el nombre de "Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria" y después, en 1996, se rebautizó como "Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria" la cual originalmente tenía una extensión 1.24 km² y, a través de las afortunadas gestiones de muchos de los miembros de su Comité Técnico en 1990, 1996, 1997 y 2005, ahora tiene una extensión de 2.34 km², lo cual constituye un crecimiento del 89% de su superficie original (Cano-Santana *et al.*, 2006).

A pesar de que Ciudad Universitaria contaba con un plan de desarrollo urbano, no se previó que la presión que ejercería la ciudad de México, acarrearía un mayor deterioro del ambiente natural. Entre los factores que promueven actualmente el deterioro del *campus* universitario están la gran cantidad de visitantes (100,000 personas diarias) y de universitarios (150,000 por día) que demandan servicios, como los circuitos escolares, los estacionamientos, entre otros, que muchas veces son construidos a costa de las áreas verdes. Como área verde englobamos a los camellones, los campos deportivos con pasto, los jardines y las jardinerías, junto con las áreas de vegetación natural del ecosistema original del Pedregal de San Ángel y aquellas aledañas a la Reserva que se conocen como áreas de amortiguamiento.

Otros factores de deterioro han sido: (1) la acumulación de desechos sólidos, entre los que se incluyen cascajo y escombros, (2) el desplazamiento de la flora nativa debido al recubrimiento del sustrato basáltico, que favorece la entrada de plantas exóticas (Antonio-Garcés, 2008), (3) la proliferación de la fauna feral (perros, gatos, ratones y ratas domésticas) (Granados-Pérez, 2008), y (4) la intensificación de incendios (Juárez-Orozco y Cano-Santana, 2007).

Fuera de la Reserva Ecológica existen varios terrenos que aún mantienen elementos bióticos y abióticos del Pedregal de San Ángel. Por ejemplo, dentro de la Facultad de Ciencias existen áreas con estas características. Al igual que sucede en toda Ciudad Universitaria, las áreas verdes naturales y artificiales de la Facultad de Ciencias también han sufrido profundas modificaciones

debido a la construcción de la infraestructura urbana, por ejemplo, la construcción en la década de 1990 de los conjuntos Amoxcalli y Tlahuizcalpan, la construcción del drenaje entre enero y marzo de 2005, así como la ampliación del estacionamiento de profesores entre abril y mayo de 2005 (Fig. 1). Los cambios que hemos vivido en las instalaciones de la Facultad han mejorado muchos aspectos de nuestra vida diaria, sin embargo estamos pagando una cuota en términos de la calidad del ambiente que vivimos. Este deterioro ambiental está asociado a las siguientes acciones que ocurren cotidianamente: (1) reducción de áreas verdes, (2) recubrimiento del sustrato basáltico para introducir pasto (proceso conocido como simplificación del hábitat), (3) destrucción de hábitats para la fauna, y (4) contaminación por desechos sólidos.

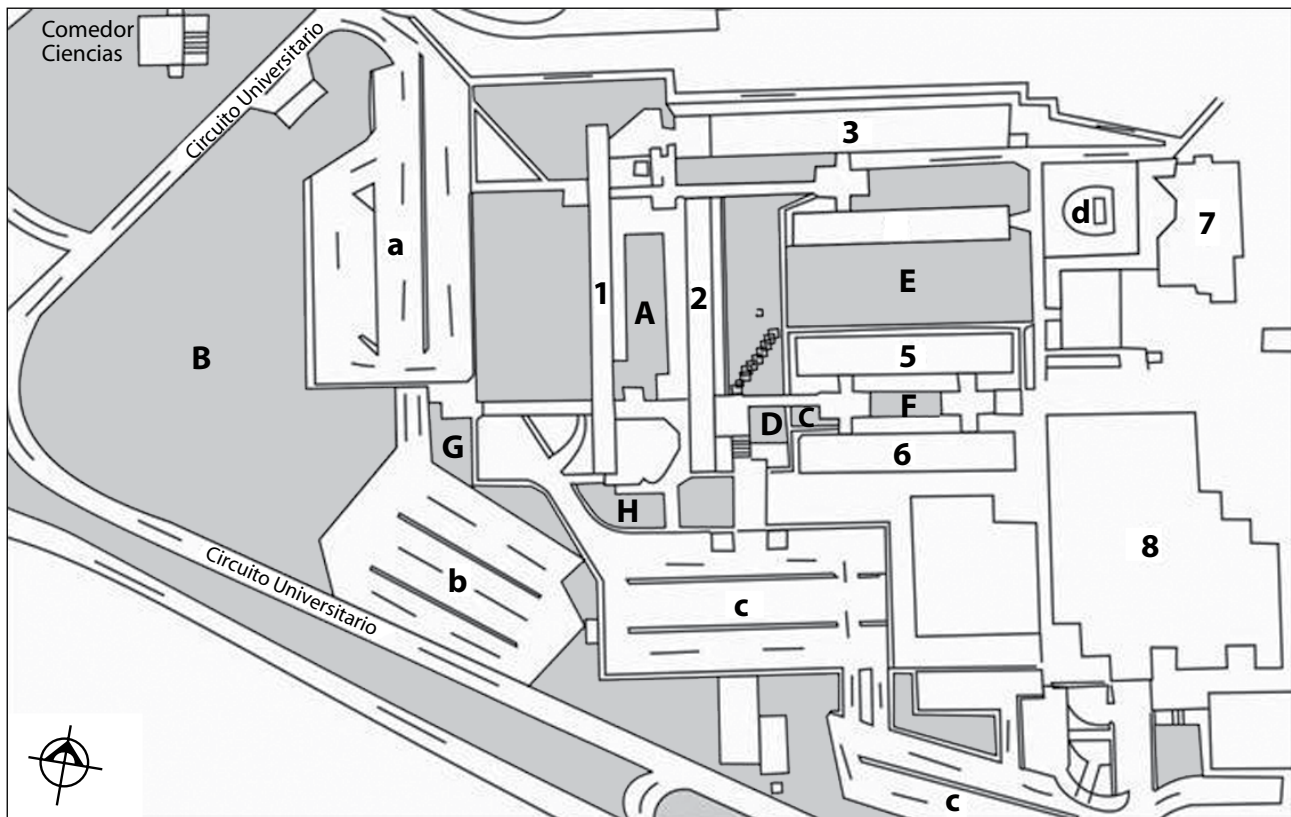


FIG. 1. Distribución de las instalaciones y áreas verdes (en gris) de la Facultad de Ciencias en Ciudad Universitaria, D.F. Áreas verdes: (A) "El Lagartijero", (B) "Estacionamiento de Profesores", (C) "Puente de Biología", (D) "El Cactario", (E) "El Pulpo", (F) "Biología", (G) "Operadores de Transporte", (H) "Actividades Deportivas". Edificios: (1) "O", (2) "P", (3) de Física, (4) de Matemáticas, (5) "A" de Biología, (6) "B" de Biología, (7) "Amoxcalli", (8) "Tlahuizcalpan". Otras instalaciones: (a) estacionamiento viejo de profesores en uso, (b) estacionamiento nuevo de profesores, (c) estacionamientos de estudiantes, (d) Prometeo.

Hace 15 años todavía podíamos disfrutar de la presencia de animales silvestres en los alrededores de las instalaciones de la Facultad y los cambios sufridos en el ambiente de nuestro entorno ha tenido efectos negativos que lamentablemente nunca podremos evaluar en su totalidad, en términos de hábitats destruidos, organismos desplazados o muertos y disminución de la calidad de servicios ambientales que prestaban estas áreas verdes a nuestra vida cotidiana (paisaje, amortiguamiento de ruido y de oscilaciones de temperatura, mantenimiento de la humedad del aire, etc.).

Una de las acciones encaminadas a enriquecer la biota de la Facultad fue el rescate de plantas realizado por estudiantes de biología durante 1983, cuando éstas se introdujeron en el área verde localizada entre los edificios O y P (Fig. 1). Sin embargo, ésta fue una acción aislada más encaminada a rescatar las especies de plantas de zonas donde construían los circuitos y las instalaciones del Metro Universidad.

Otra acción de mayor envergadura y alcance fue la realizada por estudiantes y profesores de la materia optativa Restauración Ecológica del plan de estudios de la carrera de Biología, quienes desde 1997 nos dimos a la tarea de ocupar algunas de las áreas verdes con roca volcánica como centros de experimentación a pequeña escala, para poner a prueba técnicas y estrategias de restauración ecológica que intentan mitigar los efectos negativos de la pérdida, tanto en cantidad como en calidad de las áreas verdes y recrear en cierta medida, parte del paisaje del Pedregal de San Ángel (Mendoza-Hernández, 2004).

En este capítulo se detallan las actividades realizadas y los avances más importantes del programa "Rehabilitación Ecológica de Áreas Verdes". Esta información puede ser muy útil a la comunidad universitaria y de la Facultad, así como a los profesionales de la restauración ecológica o conservación, que tienen a su cargo la responsabilidad de recuperar, mejorar o enriquecer las áreas verdes universitarias, como parte de una rama de la ecología que tiene un prometedor futuro frente a los grandes retos de deterioro ambiental en este siglo XXI.

Rehabilitación ecológica y su praxis en la Facultad de Ciencias

La restauración ecológica es la serie de acciones encaminadas a reducir, mitigar y revertir el deterioro de la naturaleza. Una forma de hacerlo es través de la *rehabilitación ecológica*, la cual tiene la finalidad de integrar en un área determinada, elementos biológicos adecuados, los cuales pueden ser nativos o exóticos, a un paisaje local, sin pretender regresar el sistema a su ruta histórica (Clewell *et al.*, 2000). La posibilidad de trabajar en la recuperación de las áreas verdes que se encuentran inmersas en las grandes urbes será uno de los temas de interés de los años venideros, debido al gran valor ecológico que muchas de estas áreas tienen, por ejemplo: para el amortiguamiento de las variaciones diurnas de humedad y temperatura y de la contaminación visual y auditiva, el ofrecimiento de espacios de recreación y descanso, así como el resguardo de plantas, animales y otros organismos en un sistema seminatural. Al igual que todas las áreas de amortiguamiento de la Reserva, las áreas verdes de la Facultad de Ciencias constituyen un corredor de movimiento para animales silvestres, así como sitios de resguardo de plantas nativas del ecosistema original del Pedregal de San Ángel.

Durante varios años hemos visto que en la Facultad de Ciencias, las áreas verdes, sobre todo aquellas que tienen roca volcánica y elementos originales de su biota no son igualmente manejadas como ocurre con los sitios cubiertos con pastos y setos. La roca no facilita a los jardineros aplicar sus prácticas habituales de mantenimiento. No obstante, a partir del proyecto de áreas verdes (Mendoza-Hernández, 2004), varios jardineros de la Facultad de Ciencias se han interesado en conocer las especies nativas del Pedregal y adecuar algunas de las acciones de mantenimiento para beneficiarlas en las áreas con roca volcánica. Lo anterior, fortalece nuestra propuesta de que las áreas con pedregal sean utilizadas como laboratorios naturales y como corredores biológicos donde se puedan aplicar técnicas de restauración a través de actividades bien programadas, que en conjunto denominaremos "jornadas ecológicas". En este siglo es muy importante que los estudiantes de biología y ecología tengan la posibilidad de aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera y visualizar un campo de acción de su vida profesional.



FIG. 2. Aspecto del área verde "El Lagartijero". a) Antes de las podas. b) Después de las podas de saneamiento llevadas a cabo entre febrero y marzo de 2006.

Los pasos de la rehabilitación

A través de las jornadas ecológicas y con base en el conocimiento del ecosistema del Pedregal de San Ángel se ha logrado: (1) recuperar el sustrato basáltico original, (2) incrementar la heterogeneidad del sustrato para recrear la variedad de micrositios que ofrece este ecosistema (3) extraer los desechos sólidos y materiales de relleno que simplifican las áreas de pedregal, (4) controlar algunas malezas, y (5) reintroducir plantas nativas producidas o rescatadas de áreas amenazadas de pedregal ya sea a través de estructuras vegetativas o semillas.

De forma continua o por etapas, las jornadas ecológicas han servido para aplicar distintas acciones de rehabilitación en varias áreas verdes de la Facultad de Ciencias con la valiosa y desinteresada participación de estudiantes, trabajadores y profesores.

"El lagartijero": un área verde natural

Esta área está ubicada entre los edificios O y P (ver zona A, Fig. 1), es un lugar donde se acumula gran cantidad de basura y se resguarda la fauna feral (esto es, fauna doméstica que adquiere comportamiento silvestre). Entre la fauna doméstica nociva que se ha detectado en esta zona se encuentran los perros, los gatos y las ratas,

además de las abundantes poblaciones de pulgas asociadas a estas especies. Todo ello afecta negativamente a la fauna silvestre de por sí depauperada, entre las que se han registrado ardillas, lagartijas de collar y tlacuaches, además de ser una fuente de riesgo para las personas. La acumulación de basura ha favorecido la presencia y el crecimiento de pastos oportunistas y otras malezas que ofrecen un paisaje poco atractivo a la vista, además de que resultan especies de bajo valor ecológico.

De 2004 a la fecha, se han llevado a cabo 12 jornadas ecológicas en "El lagartijero" Las primeras jornadas fueron para coleccionar la basura doméstica acumulada. En total se retiraron más de 200 kg de residuos, que contenía 70% de plásticos, 15% de desechos de vidrio, 10% de papel y 5% de otros (metal, madera y tela). Las jornadas posteriores tuvieron como objetivo eliminar hierbas y arbustos malezoides, como la hierba africana *Leonotis nepetifolia* (L.) R. Br., el ricino (*Ricinus communis* L.) y el namole (*Phytolacca icosandra* L.) y varias especies de gramíneas (como el pasto rosado *Rynchelytrum repens* [Willd] C.E. Hubb.). Entre diciembre de 2005 y marzo de 2006, se llevó a cabo una poda de saneamiento para eliminar ramas secas, torcidas y parasitadas por especies trepadoras, con la finalidad de abrir el dosel y permitir la entrada de luz solar (Figs. 2a y b). Además de lo anterior, se buscó que la entrada de luz

facilitara la eliminación de una plaga de pulgas favorecida por la presencia de perros, gatos y ratas. Con las siguientes jornadas, se introdujeron algunas especies representativas del pedregal a través de semillas, como dalias (*Dahlia coccinea* Cav.), la flor del tigre (*Tigridia pavonia* (L.f.) DC.), el palo loco (*Senecio praecox*), el teclacote (*Verbesina virgata* Cav.), el mirto (*Salvia mexicana* L.), *Stevia ovata* Willd., y el amole (*Manfreda scabra* (Ort.) McVaugh), además de sembrar directamente plantas rescatadas o producidas en el vivero como: dos encinos (*Quercus rugosa* Née), una uña de gato (*Mimosa* sp.), 30 ejemplares de orejas de burro (*Echeveria gibbiflora* DC.), 15 ejemplares de nopales (*Opuntia tomentosa* Salm-Dyck) y tres biznagas del chilito (*Mammillaria magnimamma* Haw).



FIG. 3. Borde de pedregal del área natural "Estacionamiento de Profesores". Aspecto en marzo de 2007.

El área natural "Estacionamiento de Profesores"

El sitio "Estacionamiento de Profesores", adyacente al estacionamiento del mismo nombre es uno de los más valiosos para la Facultad de Ciencias, por su extensión, estado de conservación y composición florística (ver zona B, Fig. 1). En un estudio realizado por Maravilla-Romero y Cano-Santana (ver en este volumen) en 2005 y 2006, se registraron 108 especies de plantas nativas, entre las que se encuentran todas las especies de árboles típicos del Pedregal: palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg), tepozanes (*Buddleia cordata* Kunth y *B. parviflora* Kunth), copal (*Bursera cuneata* Engl.) y chapulistle (*Dodonaea viscosa* Jacq.), además de pirules (*Schinus molle* L.). Asimismo, en esta zona se ha detectado la presencia de varias especies de aves, dos especies de lagartijas, ardillas y tlacuaches. Aquí no se han implementado acciones de rehabilitación, ya que el área está bien conservada, aunque al quedar junto al nuevo estacionamiento de profesores, se ha incrementado la presencia de fauna feral, acumulación de basura y actividades de personas indigentes (Fig. 3).

Rehabilitación del sitio "Puente de Biología"

La construcción del drenaje e infraestructura asociada al servicio telefónico afectó a varias áreas verdes por las excavaciones que se hicieron, una de ellas fue el área que llamaremos "Puente de Biología". Esta área había permanecido sin vegetación por más de 10 años (ver zona C, Fig. 1), ya que no tenía la profundidad de suelo adecuada que permitiera el establecimiento de las plantas (Fig. 4a). La rehabilitación de este sitio se inició en abril de 2004 e incluyó la implementación de varias actividades: (a) introducción y acomodamiento de roca volcánica, (b) preparación de un sustrato elaborado con composta y polvo de roca volcánica, (c) siembra de especies rescatadas del área en la que se construyó el nuevo estacionamiento de profesores (ver Tabla 1), y (d) siembra de semillas al voleo de especies como dalia, cielo azul (*Commelina coelestis* Willd. var. *coelestis*), trompetilla (*Bouvardia ternifolia* [Cav.] Schltld.), *Calochortus barbatus* (Kunth) J.H. Painter y *Stevia ovata*, entre otras. Actualmente, la cubierta vegetal está formada por más de 30 especies de las cuales algunas ya han logrado reproducirse en el sitio (Fig. 4b).

Tabla 1. Lista de especies de plantas introducidas al sitio “Puente de Biología” de la Facultad de Ciencias, con fines de rehabilitación ecológica. La N se refiere al número de individuos o partes vegetativas que se contabilizaron después de la introducción o siembra.

Especie (nombre común y/o científico)	Forma de propagación	N
Oreja de burro (<i>Echeveria gibbiflora</i>)	Trasplante y partes vegetativas	120
Nopal (<i>Opuntia tomentosa</i>)	Cladodios	50
Cielo azul (<i>Commelina coelestis</i>)	Semillas	50
Lantana (<i>Lantana camara</i>)	Transplante	25
Dalia (<i>Dahlia coccinea</i>)	Semillas	20
Helechos (<i>Pteridium y Notholaena</i>)	Trasplante y partes vegetativas	15
Lirio (<i>Iris</i> sp.)	Transplante	15
Estrellita (<i>Milla biflora</i>)	Semillas	14
Biznaga (<i>Mammillaria magnimamma</i>)	Transplante	12
Magueyes (<i>Agave salmiana</i>)	Transplante	12
Azucenas (<i>Escobedia</i> spp.)	Transplante	10
Palo loco (<i>Senecio praecox</i>)	Estacas	5
Flor del tigre (<i>Tigridia pavonia</i>)	Semillas	5
<i>Stevia ovata</i>	Semillas	5
Acacia (<i>Acacia</i> sp.)	Transplante	5
Jacaranda (<i>Jacaranda mimosifolia</i>)	Transplante	5
Nochebuena (<i>Euphorbia pulcherrima</i>)	Transplante	5
Chapulistle (<i>Dodonaea viscosa</i>)	Transplante	3
Trompetilla (<i>Bouvardia ternifolia</i>)	Semillas	3
Tejocote (<i>Crataegus mexicana</i>)	Transplante	3
Higuera (<i>Ficus carica</i>)	Transplante	2
Encino (<i>Quercus rugosa</i>)	Semillas	2
Copal (<i>Bursera cuneata</i>)	Transplante	1
Cuajote (<i>Bursera fagaroides</i>)	Estaca	1



FIG. 4. Área verde “Puente de Biología”. a) Antes de la rehabilitación. b) Después del acomodo de la roca volcánica y la siembra de plantas nativas del pedregal.

Rehabilitación del sitio “Cactario”

La zona “Cactario” se localiza al oriente del edificio A de Biología (ver zona D, Fig. 1), la cual fue afectada por las excavaciones para introducir el drenaje, esta zona fue rellenada con tepetate y restos de material de construcción, lo cual constituye un sustrato extraño a la original roca basáltica (Fig. 5). Entre junio y septiembre de 2004 se llevó a cabo la preparación del terreno, que consistió en el retiro de una buena parte del sustrato extraño, la adición de tierra negra y reacomodo de la roca volcánica remanente. Para esta zona se propuso favorecer la reintroducción de las especies propias del Pedregal en la parte donde afloraba la roca volcánica, así como acondicionar un espacio para colocar una colección de plantas cactáceas y suculentas. En esta zona se mantuvo un ejemplar de *Agave americana* L., dos árboles de pirul y algunos elementos de *Lantana camara* L. En este sitio se introdujeron ejemplares de 14 especies de plantas de las familias Cactaceae y Crassulaceae: *Echinocereus pentalophus* Lem., *Ferocactus flavovirens* Britton & Rose, *F. latispinus* Britton & Rose, *F. robustus*, *Mammillaria dixanthocentron* Backeb., *M. magnimamma*, *M. rhodantha* Lem, *M. uncinata* (Zucc. ex Pfeff) Britton & Rose, *M. aff.*

mystax, *Marginatocereus marginatus* (= *Pachycereus marginatus* DC.), *Myrtillocactus geometrizans* Mart. ex Pfeiff, *Sedum clavatum* L., *S. pachyphyllum* L. y *S. tortuosum* L.

Otras zonas

Otras áreas verdes que han recibido atención, pero por diversas razones no se han continuado con las jornadas ecológicas, son las siguientes.

El área verde entre los edificios B de Biología y A de Matemáticas, conocida en la comunidad estudiantil como “El pulpo” (ver zona E, Fig. 1), donde se realizó en marzo de 2005 una poda de saneamiento, que consistió en podar las ramas de los árboles localizadas por debajo de los 3 m. También se hizo un reacomodo de roca volcánica a manera de jardineras y se añadió material vegetal triturado conocido como acolchado para evitar que el suelo se erosionara y quedaran demasiado expuestas las raíces de las plantas (Fig. 6). Esta área es de las más intensamente usadas y por ello debe implementarse un programa de rehabilitación con actividades más frecuentes.



FIG. 5. Jornadas ecológicas en el área verde "El Cactario". a) Aspectos del suelo extraño que dejó la empresa constructora. b) Retiro del suelo y acomodo de la roca volcánica. c) Eliminación de especies exóticas y siembra de especies nativas sobre un macizo rocoso. d) Aspecto actual del área. Los trabajos se realizaron entre marzo y diciembre de 2005.

La zona ubicada entre los edificios A y B del área de Biología, que aquí denominamos "Biología" (ver zona F, Fig. 1), donde se construyó con roca basáltica una escultura que representa una "víbora de cascabel" y se introdujeron plantas nativas (Fig. 7a), fue modificada por la implementación de trabajos de infraestructura realizados a los edificios adjuntos a finales de 2007. La empresa constructora entregó en febrero de 2008 un jardín con una carpeta de pasto, algunos elementos arbóreos y una reconstrucción de la víbora de cascabel usando la misma roca basáltica (Fig. 7b).

Por otro lado, la coordinación de Actividades Deportivas de la Facultad de Ciencias ha invitado a sus alumnos a rehabilitar las áreas verdes inmediatas a su oficina, localizada en el extremo suroeste de las instalaciones de la Facultad, en la esquina noroeste del estacionamiento de estudiantes (ver zona G, Fig. 1). De la misma forma, los oficiales de transporte de la Facultad han llevado a cabo labores de rehabilitación y reintroducción de plantas en las inmediaciones de sus oficinas, localizadas entre las dos áreas del estacionamiento de profesores (ver zona H, Fig. 1).

Resultados de la rehabilitación

Los resultados que se han tenido desde el inicio de la implementación de las jornadas ecológicas son los siguientes: (1) Ha mejorado el paisaje de algunas áreas verdes con restos de roca volcánica de la Facultad, aunque éstas requieren de un mínimo mantenimiento para que permanezcan en buen estado por mucho tiempo. (2) Se ha limpiado de desechos sólidos una buena parte de estas áreas verdes, si embargo se debe promover la cultura del respeto entre los universitarios para evitar que la basura se vuelva a acumular. (3) Se han logrado introducir con éxito especies del Pedregal de San Ángel y algunas especies de ornato con la finalidad de aumentar la diversidad del sistema. La mayoría de las especies nunca se habían usado como parte de la reforestación urbana. (4) Se ha logrado promover el regreso y la colonización de fauna silvestre como lagartijas, ardillas, tlacuaches, así como colibríes, primavera, gorriones, petirrojos y otras especies de aves. (5) Se ha logrado promover entre los integrantes de la comunidad de la Facultad el respeto a estas zonas. (6) Se ha incrementado la heterogeneidad de las áreas para crear micrositios seguros tanto para la germinación como el establecimiento de plantas gracias al acomodo diferencial de la roca volcánica y la zonificación de los sitios. (7) Se ha reconocido el potencial de algunas especies del pedregal como plantas útiles para la reforestación urbana en Ciudad Universitaria. Y (8) se ha consolidado el programa de servicio social relacionado con el proyecto "Rehabilitación Ecológica de Áreas Verdes".



FIG. 6. Aspecto general del área verde "El Pulpo" en abril de 2005, después del levantamiento de copa, pinta con cal y acomodo de rodetes de roca volcánica en la base de los árboles, para evitar el pisoteo de las raíces.

Perspectivas y recomendaciones

La rehabilitación de algunas áreas verdes de la Facultad de Ciencias llevada a cabo por los estudiantes y personal administrativo de la Facultad ha permitido aumentar la diversidad de especies utilizadas en la reforestación urbana (Tabla 1). Las plantas introducidas a las áreas verdes proporcionan recursos como polen y néctar a mariposas, abejas y aves, con lo que se fomentan las interacciones bióticas. Con la primera floración de muchas

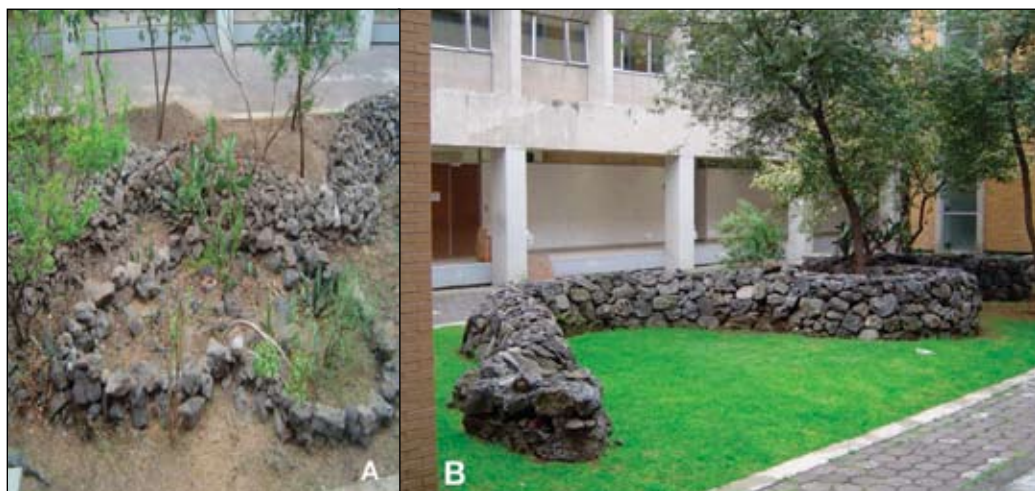


FIG. 7. Vista general del área verde "Biología". a. Antes de la obra de noviembre de 2007. b. Vista en octubre de 2008.

de estas plantas, las áreas verdes tiene la posibilidad de renovarse por sí sola, ya que muchas especies pronto dispersarán sus semillas dentro del área.

Las metas del Programa de Rehabilitación Ecológica de Áreas Verdes de la Facultad de Ciencias pueden evaluarse a corto y a mediano plazo. Las de corto plazo son continuar a través de la asignatura de Restauración Ecológica las jornadas y, con ello, consolidar los conocimientos teóricos de los alumnos. A mediano plazo, se busca concretar este programa como uno más de los que brinda la Secretaría de Becas para que los alumnos, tanto de biología como de carreras afines, puedan hacer su Servicio Social.

Por último, este proyecto docente nos servirá para proponer los lineamientos para un plan general de áreas verdes de la Facultad de Ciencias y áreas afines donde todos los actores involucrados participen con su tiempo, materiales, obra y propuestas, lo cual permitirá garantizar un ambiente ecológico más agradable dentro de esta dependencia universitaria.

Agradecimientos

Este artículo muestra algunos resultados del proyecto PAPIIT-UNAM IN222006, en el que participan los autores. A Marcela Pérez-Escobedo le agradecemos la elaboración de la Figura 1. Les agradecemos a todos los estudiantes, trabajadores y profesores de la Facultad de Ciencias que han participado en las jornadas ecológicas, así como en el mejoramiento de las áreas verdes de la Facultad de Ciencias, todos ellos han comprendido que su ambiente de trabajo y estudio, puede ser mejorado por ellos mismos. Las plantas de "El Cactario" fueron donadas por el Prof. Jerónimo Reyes.

Literatura citada

- ANTONIO-GARCÉS, J. I. 2008. Restauración ecológica de la zona de amortiguamiento 8 de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- CANO-SANTANA, Z., I. PISANTY, S. SEGURA, P. E. MENDOZA-HERNÁNDEZ, R. LEÓN-RICO, J. SOBERÓN, E. TOVAR, E. MARTÍNEZ-ROMERO, L. C. RUIZ Y A. MARTÍNEZ-BALLESTÉ. 2006. Ecología, conservación, restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del Pedregal del Xitle. Pp. 203-226, en: Oyama, K. y A. Castillo (eds.). Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México. Universidad Nacional Autónoma de México y Siglo XXI, México.
- CLEWELL, A., J. RIEGER Y J. MUNRO. 2000. A Society for Ecological Restoration publications. Guidelines for developing and managing ecological restoration projects. Disponible en: www.ser.org.
- GRANADOS-PÉREZ, Y. 2008. Ecología de mamíferos silvestres y ferales de la Reserva Ecológica "El Pedregal": Hacia una propuesta de manejo. Tesis de maestría. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- JUÁREZ-OROZCO, S. Y Z. CANO-SANTANA. 2007. Ecología del fuego: el cuarto elemento y los seres vivos. *Ciencias*, **85**: 4-12.
- MENDOZA-HERNÁNDEZ, P. E. 2004. El uso de las semillas en la rehabilitación de áreas verdes. *Ciencias*, **73**: 46-49.

Introducción de especies: la invasión y el control de *Eucalyptus resinifera*

Saúl Segura-Burciaga

Programa Integral de Manejo del Arbolado de Ciudad Universitaria, Jardín Botánico,
Universidad Nacional Autónoma de México
saul_segura@hotmail.com

Introducción

El transporte de especies vegetales hacia zonas fuera de su distribución natural se ha incrementado con el mejoramiento de las comunicaciones entre las diferentes regiones del mundo. Esto ha conferido a algunas especies un incremento en su ámbito de dispersión hasta un orden de magnitud mayor al que alcanzan por mecanismos naturales (Harper, 1977). Esta dispersión artificial y algunos de sus efectos han sido observados y documentados desde el siglo XIX (Darwin, 1859, en Harper, 1977).

Este fenómeno puede tener consecuencias ecológicas adversas cuando por alguna o varias características de la especie transportada o introducida (autoecológicas) y también de la comunidad receptora (sinecológicas), se presentan las circunstancias propicias para que ocurra una invasión biológica (Segura-Burciaga, en prep.).

El caso de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) es un sistema interesante para estudiar el tema del recambio de especies vegetales tanto por las extinciones como por las introducciones de especies que han ocurrido en ella. Esta contribución pretende llamar la atención respecto al tema de la introducción de especies, con especial interés en el caso de la especie exótica arbórea *Eucalyptus resinifera* Smith, como una de las primeras especies invasoras estudiada en esta Reserva y, también sobre las medidas de control cuya aplicación son una experiencia y un ejemplo para el tratamiento de otros casos similares.

Composición de especies vegetales de la Ciudad Universitaria

La Ciudad Universitaria (CU) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se construyó en la parte de menor altitud del derrame del volcán Xitle, en parte de la zona conocida como "Pedregal de San Ángel". Las condiciones de esta zona permitieron que se estableciera una comunidad vegetal natural clasificada como matorral xerófilo dominada por arbustos y herbáceas y con pocos elementos arbóreos (Rzedowski, 1983), menores a 8 m de altura (obs. pers.). Por la presencia de una especie muy característica *Senecio* (= *Pittocaulon*) *praecox* (Cav.) Rob. & Brettell, J. Rzedowski (1954) llamó a esta asociación vegetal "*Senecionetum praecocis*". De esta comunidad vegetal en la actualidad solamente existen fragmentos aislados, como los que se encuentran en la REPSA (237.3 ha de la UNAM), en el Parque Ecoarqueológico "Cuicuilco" (22 ha pertenecientes al Instituto Nacional de Antropología e Historia), en el predio "Los Encinos" (73 ha de propiedad privada) y también en el "Parque Ecológico de la Ciudad de México" (de 727.6 ha a cargo del Gobierno del Distrito Federal). Si se incluye éste último, la suma de dichos fragmentos es de 1,060 ha en total, que equivale al 26.5% de las 4,000 ha (mitad del derrame del Xitle) que se calcula que abarcaba el matorral xerófilo antes de ser urbanizado.

En el Pedregal de San Ángel se han realizado varios estudios botánicos, aún antes de ser construida la CU, (Reiche, 1914; Gándara, 1925), durante la época de su construcción (Rzedowski, 1954), cuando se trabajaba

en el proyecto de creación de la REPSA (Álvarez *et al.*, 1982), después de decretada (Valiente-Banuet y De Luna, 1990 y continúan hasta nuestros días (Castillo-Argüero *et al.*, 2004).

Una cuidadosa revisión de dichos trabajos evidencian los cambios que han ocurrido en la composición florística de la zona de la REPSA a lo largo del tiempo. Si se toman los estudios más exhaustivos que se han realizado, como el clásico de Rzedowski de 1954 y se compara con el más reciente realizado por Castillo-Argüero *et al.* de 2004, y un intermedio como el de Herrera y Almeida en 1994 (basado en el de Valiente-Banuet y de Luna de 1990), se puede encontrar información muy interesante para un intervalo de 50 años. Existe otro trabajo importante que originó el listado florístico de 1982 (Álvarez *et al.*), precisamente para el proyecto de creación de la REPSA, que contiene 386 especies y comparativamente es el más alto en número de especies, sin embargo parece estar sobreestimado (Valiente-Banuet y de Luna, 1990).

Rzedowski (1954) registró para la comunidad *Senecioetum praecocis* 318 especies en 64 familias y 198 géneros; Herrera y Almeida (1994) consideraron 320 especies en 71 familias y 254 géneros y Castillo-Argüero *et al.* (2004), determinaron 337 especies, en 74 familias y 193 géneros. Respecto a este último, cabe la acotación de que incluyó 3 especies arbóreas que no son nativas del Pedregal (*Eucalyptus globulus* Labill., *E. resinifera* Smith y *Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsh.) y que ningún otro estudio incluyó, por lo que para ser comparable con los demás, deben excluirse y de esta manera los números del estudio de Castillo-Argüero *et al.* (2004), se reducen a 334 especies, 72 familias y 191 géneros.

Los autores de los listados florísticos mencionados coinciden en que en la REPSA existe una comunidad vegetal comparativamente muy rica; con especies de distintos orígenes biogeográficos (Herrera y Almeida, 1994). Independientemente de las particularidades que pudieron causar las diferencias entre los listados florísticos, la intención de este apartado es proporcionar una idea de la riqueza vegetal que se encuentra en la REPSA.

Extinción de especies vegetales en el Pedregal San Ángel

En lo que se refiere a las especies vegetales que se han extinguido, una de las causas principales más señaladas ha sido la destrucción del hábitat, como ocurrió con los sistemas acuáticos (Valiente-Banuet y de Luna de 1990) donde se encontraban al menos 6 especies de afinidad humedal (Rzedowski, 1954). Otros ejemplos son los helechos *Dryopteris athyroides* Kuntze, *Psilotum triquetrum* Sw., la compuesta *Trixis michuacana* var. *longifolia* D. Don C. Anderson y la gramínea *Aristida divaricata* Humb. & Bonpl. (Castillo-Argüero *et al.*, 2004).

Otra causa importante de extinciones locales ha sido la extracción excesiva de individuos principalmente para fines comerciales, como ocurrió con al menos 6 especies de cactáceas, entre las que destaca *Mamillaria sanangelensis* Sánchez-Mejorada, por ser endémica (Valiente-Banuet y De Luna, 1990). Posteriormente se reencontró dicha especie (Castillo-Argüero *et al.* 2004) y también el helecho *Psilotum complanatum* Sw. (registrada por Rzedowski como *Psilotum triquetrum* Sw.), en una zona fuera de la REPSA (Galindo y López, 1996). Ambas especies se consideraban extintas localmente desde el estudio de Rzedowski publicado en 1954, (Castillo-Argüero *et al.* 2004).

Estos son algunos ejemplos de posibles extinciones y de la falta de continuidad en los registros florísticos que se tienen detectados en la REPSA y muy probablemente es una cantidad conservadora, si se recuerda que no se tienen documentados registros antiguos del área precisa que abarca la CU. La diferencia de 166 especies registradas por Castillo-Argüero *et al.* (2004) y que no estaban en el listado florístico de Rzedowski (1954) sugiere que es muy probable que el área revisada no fuera la misma y que Rzedowski apenas tocó una parte del área de la actual REPSA (Castillo-Argüero *et al.*, 2004).

Introducción de especies vegetales

Rzedowski en 1954 identificó 20 especies de hierbas y arbustos provenientes de semillas en suelos traídos de encinares adyacentes a la reserva y que no se encontraban en los listados florísticos de esta comunidad a prin-

cipios del siglo pasado. También identificó 31 especies de malezas originarias del extranjero. Posteriormente el mismo autor en 1990 distinguió 2 ruderales extranjeras más provenientes de África: *Ricinus communis* L. y *Leonotis nepetaefolia* (L.) R. Brown. Esta última ha expandido notablemente su población en el *campus* universitario durante la década de los noventa y también en el pedregal del Parque Ecoarqueológico "Cuicuilco" (obs. pers.). Por lo anterior, Rzedowski (1954) documentó la presencia de un total de 33 especies exóticas ruderales no nativas del Pedregal y 4 especies de malezas de origen incierto.

También se ha encontrado ampliamente distribuido en el *campus* la especie *Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chioy, conocida como "pasto kikuyo", originario de África e introducido para los jardines y campos deportivos de la CU (obs. pers.) Una especie introducida más es la cactácea *Opuntia robusta* Wendl., la cual parece que se dispersó fuera de las colecciones del Jardín Botánico Exterior (Valiente-Banuet y De Luna, 1990).

El caso de las especies arbóreas es contrario, la mayoría fueron introducidas por plantación en los bordes de los fragmentos de pedregal. Las especies arbóreas introducidas en la zona de reserva ecológica son: *Acacia longifolia* (Andrews) Willd., *A. retinoides* Schltdl., *Casuarina equisetifolia* L., *Cupressus lusitanica* Mill., *Erythrina coralloides* DC., *Eucalyptus globulus* Labill. y *E. resinifera* Smith, *Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsh, *Jacaranda mimosifolia* D. Don, *Ligustrum lucidum* W.T.Aiton, *Pinus patula* Schltdl. & Cham., *Schinus molle* L. (Segura-Burciaga, obs. pers.).

Si se excluyen las mencionadas especies de árboles que no han sido consideradas en general en los listados florísticos citados, se pueden distinguir por lo menos 59 especies introducidas a la REPSA.

Al restar estas 59 especies introducidas, la riqueza nativa de esta comunidad se reduce a entre 259 y 275 especies (según el listado florístico que se considere). Estos números son cercanos al determinado por Castillo-Argüero *et al.* (2004) que en un análisis detallado distinguieron que del total de especies de la REPSA, solamente 34 son exclusivas del matorral xerófilo y otras 251 especies son compartidas con otros tipos de vegetación de la cuenca, las cuales suman 285 especies nativas de la región.

Lo anterior da una idea de la composición natural de especies nativas que formarían el matorral xerófilo de la REPSA sin las especies provenientes de otras regiones o continentes.

La introducción del eucalipto en la Reserva Ecológica del Pedregal

Una de las especies introducidas con presencia más notoria es *Eucalyptus resinifera*, que fue plantada prácticamente en todos los bordes de la vialidad de la CU y también en sus jardines y camellones. Estos árboles fueron introducidos con la construcción de la Ciudad Universitaria alrededor de 1951 (J. Rzedowski, com. pers.).

Por la velocidad de crecimiento y la altura que alcanzan los eucaliptos, su follaje ha formado un estrato (dosel) que no existía ni corresponde a la etapa sucesional en la que se encuentra la comunidad vegetal del pedregal, en la que aún predominan las plantas xerófilas de porte bajo. Por esta razón, por ejemplo, los eucaliptos compiten exitosamente por el recurso luz y en las zonas donde están distribuidos en mayor densidad, disminuyen la calidad y cantidad que llega a los estratos arbustivo y herbáceo, lo cual afecta a las plantas xerófilas que se encuentren debajo de sus copas.

Además de lo anterior, el mantillo formado por la caída continua de hojas, ramas, flores y frutos forma un "tapete" de lenta descomposición que puede agregar otro efecto, éste a nivel del piso, ya sea por la obstrucción mecánica de dicho "tapete" y/o por las toxinas volátiles y solubles en agua (terpenos y fenoles) que contiene (Del Moral y Muller, 1970, Barton *et al.*, 1989).

Otro nivel de competencia es probable que ocurra a nivel del subsuelo, por la ventaja en tamaño que tienen los eucaliptos sobre las plantas nativas por el mayor alcance radicular para la captura de agua y nutrientes.

Para conocer el proceso de invasión de la población de *Eucalyptus resinifera* en la REPSA se realizó el primer estudio sobre este tema entre 1989 y 1990 (Segura-Burciaga, 1995). Dicho estudio proporcionó resultados que confirmaron que hubo una invasión cuando en 1990 el área de la REPSA era de 146 ha y 8,902 m². Con base en este tamaño se calculó mediante comparaciones de

fotografías aéreas de los años 1954, 1963, 1972 y 1987, que la población de *Eucalyptus resinifera* llegó a ocupar en 33 años, el 8% del área de reserva, es decir, 12 ha. Otro resultado fue que durante ese lapso (1954-1987), su tasa promedio de crecimiento poblacional fue de 9.22% (Segura-Burciaga, 1995).

Para avanzar en el conocimiento de los efectos de la invasión de los eucaliptos, mientras se llevaban a cabo las acciones para el Control de Eucaliptos, se realizó otro estudio (Segura-Burciaga, en prep.) entre 1996 y 1998 para evaluar esta vez, el efecto de los eucaliptos sobre la comunidad vegetal de la REPSA. Dicho estudio consideró tratamientos en los que se liberaron sitios con los mencionados factores (sombra y tapete de mantillo) de los eucaliptos, comparados con controles donde se dejaron los dos factores y también se compararon con muestras del matorral xerófilo sin eucaliptos (Segura-Burciaga, en prep.).

En resumen, los resultados de dicho estudio sugieren en general que la interferencia lumínica de los follajes de los eucaliptos es un efecto más importante en la vegetación encontrada debajo de ellos que el del tapete de mantillo. Otros resultados interesantes son que la comunidad estudiada bajo los eucaliptos es menor en riqueza y cobertura de especies nativas que en el pedregal sin eucaliptos; esto fue significativamente mayor en la fuerte sequía de 1998. En cuanto a la abundancia de especies no nativas (malezas) esta fue más variable bajo los eucaliptos que en la zona de pedregal sin eucaliptos (Segura-Burciaga, en prep.).

Subprograma de Control de Eucaliptos en la Ciudad Universitaria

Por dichas observaciones y otras que afectaban el manejo de los recursos naturales y de energía en la CU, el Rector Dr. José Sarukhán Kermez creó en 1991 el Programa de Mejoramiento Ecológico del Campus. Este incluía un subprograma de Control de Eucaliptos en todo el *campus* que inició sus trabajos preliminares en el segundo semestre del año 1993 y las acciones operativas a mediados de 1994.

Para los fines de este control se dividió a CU en dos tipos de zonas: 1) Zona urbana y 2) Zona de reserva ecológica; en la primera se calculó en 1994 que existían 25,000

eucaliptos y en la Reserva Ecológica, 3,000, es decir, en todo el *campus* existían un total de 28,000 eucaliptos.

El programa de control de eucaliptos se basó en los resultados de un estudio poblacional realizado entre 1989 y 1990 sobre la población de *Eucalyptus resinifera* encontrada dentro de los límites de la Reserva Ecológica. En este estudio se definieron las categorías de tamaño de los individuos que, según un modelo matricial de crecimiento poblacional, de eliminarse provocarían que la tasa de crecimiento se hiciera negativa y que junto con los árboles talados se detuviera el crecimiento de su población y también disminuyera fuertemente su número (Segura-Burciaga, 1995).

Con base en lo anterior el Programa de Control de Eucaliptos determinó que deben eliminarse en la zona urbana de CU el 60% de los eucaliptos (15,000) y en la Reserva Ecológica el 100% (3,000), es decir, 18,000 eucaliptos en total. Hasta el año 2001 en que se suspendió el programa se habían talado en números cerrados, 12, 000 eucaliptos de los 15,000 en la zona urbana. Para la zona de la REPSA no se han hecho trabajos desde 1998; el último cálculo para ese año, estima que existían 2,000 eucaliptos de los 3,000 totales calculados para 1990 en que inició el estudio poblacional que originó este programa.

Por lo anterior es muy importante que se retomen las acciones de control de eucaliptos en todo el *campus*, pero particularmente en la REPSA.

Restablecimiento de flora nativa en el *campus*

La sustitución de eucaliptos se ha hecho fuera de la Reserva Ecológica en las zonas donde se eliminaron eucaliptos durante el periodo en que operó el Programa de Mejoramiento Ecológico del Campus (1994-2001). Cabe mencionar que dicha sustitución de eucaliptos se hizo combinando exclusivamente especies nativas del matorral xerófilo y también se incluyeron encinos para que proporcionaran sombra en las zonas urbanas. Para esto se tomaron en cuenta varios criterios, como el espacio, los recursos disponibles y el diseño de paisaje.

Para el caso de la REPSA no se sustituyeron los eucaliptos removidos para permitir que por mecanismos naturales se establecieran especies propias del ecosistema;

aunque siempre existen probabilidades de que también se establezcan individuos de especies ruderales, para lo cual podrían haber otras acciones.

Influencia del Programa de Control y Sustitución de Eucaliptos de la UNAM

El Programa de Control y Sustitución de Eucaliptos en la Ciudad Universitaria de la UNAM, fue el primer programa formal, basado en conocimientos científicos para controlar su población. Esta experiencia llamó la atención de funcionarios de Gobierno del Distrito Federal (GDF) a varios niveles, como de la demarcación Coyoacán, donde se encuentra la CU, también de la delegación Tlalpan para la conservación del "Parque Ecológico de la Ciudad de México" y a nivel central, de la Comisión de Recursos Naturales (CORENA) de la Secretaría del Medio Ambiente (SMA) del Gobierno del Distrito Federal (GDF) que desde 1998 se acercaron para conocer la experiencia y resultados, así como solicitar asesoría.

Es digno de resaltar el interés del Parque Ecoarqueológico "Cuicuilco" del INAH, que en 1998 solicitó asesoría y apoyo para la conservación de dicho parque, el cual es un fragmento con matorral xerófilo en buen estado de conservación. Como parte de esta coordinación, la UNAM apoyó la plantación (entre 1998 y 1999) de 81 árboles de 4 especies del género *Quercus* (Cano-Santana *et al.*, 2006) que proporcionarían sombra a los visitantes en los andadores y, se limitaría el crecimiento de male-

zas en los bordes con el matorral. Dicha acción evitó la introducción de árboles de especies no nativas del matorral xerófilo que pretendía plantar un grupo ecologista en 1998. Asimismo se realizaron acciones para el control mecánico de las especies introducidas más extendidas: *Leonotis nepetaefolia* (L.) R. Brown y *Ricinus communis* L. En zonas donde se realizó este control mecánico se plantaron individuos de especies nativas.

Finalmente, también es importante mencionar que durante el periodo 2000-2006 del GDF, la Secretaría del Medio Ambiente (SMA) instruyó a la Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental, para que atendiera con otras instancias del gobierno local, un Programa de Control de Eucaliptos para todo el Distrito Federal, siguiendo el ejemplo de lo realizado por la UNAM en su *campus* principal. La parte del uso de especies nativas silvestres nunca antes manejadas como ornamentales en áreas urbanas, también tuvo influencia a nivel de la Ciudad de México, cuando se propagaron en los viveros de la SMA, 34 especies nativas de todas las formas de vida y de varios tipos de vegetación, para restaurar el Suelo de Conservación, es decir, las Áreas Naturales Protegidas, las barrancas, etc. Por primera vez un Gobierno de la Ciudad de México contó en el 2001, con disponibilidad de especies nativas y de un grupo seleccionado de las especies más resistentes para ser plantadas en las obras viales como el Distribuidor Vial San Antonio, El Metrobús, el Eje 5 Poniente y el Segundo Piso del Periférico.

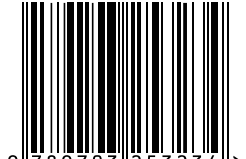
Literatura citada

- ÁLVAREZ, S. F. J., CARABIAS, L. J., MEAVE DEL CASTILLO, J., MORENO, C. P., NAVA, F. D., RODRÍGUEZ, Z. F., TOVAR, G. C. Y VALIENTE-BANUET, A. 1982. Proyecto para la creación de una reserva en el Pedregal de San Ángel. P.p. 343-369. En: Ariel Rojo (Comp.) "Reserva Ecológica El Pedregal: ecología, historia natural y manejo". Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- BARTON, A. F. M., TIJANDRA, J. Y NICHOLAS, P. G. 1989. Chemical evaluation of volatile oils in *Eucalyptus* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **37**:1253-1257.
- CANO-SANTANA, Z., PISANTY, I., SEGURA, S., MENDOZA-HERNÁNDEZ, P. E., LEÓN-RICO, R., SOBERÓN, J., TOVAR, E., MARTÍNEZ-ROMERO, E., RUIZ, L. DEL C. Y MARTÍNEZ-BALLESTÉ A. 2006. Ecología, conservación, restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del pedregal del Xitle. P.p. 203-226. En: Ken Oyama y Alicia Castillo (Coord.) "Manejo, Conservación y Restauración de Recursos Naturales en México". Siglo XXI Editores, S.A. de C.V. México.
- CASTILLO-ARGÜERO, A. S., MONTES, C. G., ROMERO, R. M. A., MARTÍNEZ, O. Y., GUADARRAMA, C. P., SÁNCHEZ, G. I. Y NÚÑEZ, C. O. 2004. Dinámica y conser-

- vación de la flora del matorral xerófilo de la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **74**: 51-75.
- DEL MORAL, R. Y MULLER, C. 1970. The allelopathic effects of *Eucalyptus camaldulensis*. *The American Naturalist*. **83**(1):254-282.
- Gaceta UNAM, Volumen 1, No.59, Octubre 3 de 1983.
- GALINDO, R. C. Y LOPEZ, T. L. 1996. *Psilotum complanatum* Sw., en el Pedregal de San Ángel. *Bol. Boletín de la Sociedad Botánica de México* **59**:147-148.
- GÁNDARA, G. 1925. Otro modo de estimar la flora del Valle de Mexico. *Forestal* **3**:157-162.
- HARPER, J. L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press. 892 p.p.
- HERRERA, L. A. Y ALMEIDA, L. L. 1994. Relaciones fitogeográficas de la flora vascular de la reserva del Pedregal de San Angel, México, D. F. P.p. 83-90. En: Ariel Rojo (Comp.) "Reserva Ecológica El Pedregal: ecología, historia natural y manejo". Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- REICH, C. 1914. La vegetación de los alrededores de la Ciudad de México. Tipografía Moderna, Mexico, D.F.
- RZEDOWSKI, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* **8**(1-2):59-129.
- RZEDOWSKI, J. 1983. Vegetación de México. Limusa, México.
- RZEDOWSKI, J. Y G. RZEDOWSKI, 1990. Nota sobre el elemento africano en la flora adventicia de México. *Acta Botánica Mexicana* **12**:21-24.
- SEGURA-BURCIAGA, S. 1995. "Estudio poblacional de *Eucalyptus resinifera* Smith. (Myrtaceae) en la Reserva Ecológica de El Pedregal de San Ángel, C.U., México, D.F." Tesis profesional, Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 90 p.p.
- SEGURA-BURCIAGA, S. (en prep.). "Efecto de la remoción de individuos de la especie exótica *Eucalyptus resinifera* Smith. sobre la composición de plantas nativas en un matorral xerófilo del Valle de México". Proyecto de Tesis en el programa de Maestría en Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, U.N.A.M.
- VALIENTE-BANUET, A. Y DE LUNA, G. E. 1990. Una lista florística actualizada para la Reserva del Pedregal de San Ángel, México, D. F. *Acta Botánica Mexicana* **9**:13-30.



ISBN 978-970-32-5323-4



9 789703 253234 >



Reserva Ecológica
del Pedregal de
San Ángel UNAM



Coordinación de la
Investigación Científica